

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra dopravního stavitelství

**Křižovatka ulic Anglická, U Nádraží a Marie Pujmanové v Havířově**

Intersection of streets Anglická, U Nádraží a Marie Pujmanové in Havířov City

Student:

Karel Ježík

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ivan Fencel, Ph.D.

Ostrava 2018

## Zadání bakalářské práce

Student: **Karel Ježík**

Studijní program: B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor: 3647R020 Dopravní stavby

Téma: **Křižovatka ulic Anglická, U Nádraží a Marie Pujmanové v Havířově**  
**Intersection of streets Anglická, U Nádraží a Marie Pujmanové in**  
**Havířov City**

Jazyk vypracování: čeština

### Zásady pro vypracování:

Bakalářská práce výše uvedené křižovatky bude řešena ve dvou variantách, kdy alespoň jedna z nich bude obsahovat stavební úpravy. Bude pořízeno video a na jeho základě bude proveden rozbor konfliktních situací. Práce bude zahrnovat kapacitní výpočty řešené křižovatky a simulační modely zpracované ve vhodném SW nástroji pro modelování dopravy dle prognózy vývoje dopravního zatížení.

Bakalářská práce bude obsahovat tyto části:

1. Úvod
2. Průzkum nehodovosti
3. Dopravní průzkumy (průzkum intenzit, směrový průzkum atp.)
4. Prognóza intenzit dopravy
5. Video – analýza konfliktních situací
6. Kapacitní výpočty
7. Návrh úprav ve 2 variantách
8. Simulační modely ve vhodném softwarovém prostředí pro mikrosimulace
9. Zhodnocení návrhů a simulačních modelů
10. Závěr

### Seznam doporučené odborné literatury:

1. Uživatelský manuál k programům pro mikrosimulace
2. TP 81 Navrhování světelných signalizačních zařízení na pozemních komunikacích:

Technické podmínky. 2. vyd. Brno: CDV Brno, 2006, 124 s. ISBN 80-86502-30-9

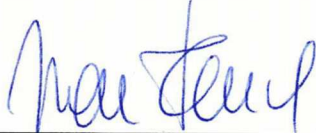
3. TP 135 Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích: Technické podmínky. Praha: Ministerstvo dopravy České republiky, 2005, 54 s.
4. TP 188 Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek: Technické podmínky. Liberec: EDIP, 2007, 64 s. ISBN 978-80-902527-6-9
5. TP 234 Posuzování kapacity okružních křižovatek: Technické podmínky. Liberec: EDIP, 2011, 56 s. ISBN 978-80-87394-02-01
6. TP 235 Posuzování kapacity světelně řízených křižovatek: Technické podmínky. Liberec: EDIP, 2011, 52 s. ISBN 978-80-87394-03-8
7. FOLPRECHT, Jan a Vladislav KŘIVDA. Organizace a řízení dopravy I., Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2006. 158 s. ISBN 80-248-1030-1
8. KŘIVDA, Vladislav. Organizace a řízení dopravy II. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2009. 154 s. ISBN 978-80-248-2123-8
9. ČSN 73 6102. Projektování křižovatek na pozemních komunikacích (vč. změn)
10. DOLEŽALOVÁ, Jarmila a Lubomír PAVELKA. Pravděpodobnost a statistika, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2005, 176 s. ISBN 80-248-0948-6

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivan Fencel, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2017

Datum odevzdání: 04.05.2018



Ing. Ivan Fencel, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

Karel Ježík

## Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

.....

Karel Ježík

## **Anotace**

JEŽÍK, Karel. *Křižovatka ulic Anglická, U Nádraží a Marie Pujmanové v Havířově: bakalářská práce*. Ostrava. VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra dopravního stavitelství, 2018. 52 s. Vedoucí bakalářské práce: Ing. Ivan Fencl, Ph.D.

Předmětem práce je posouzení stávajícího stavu a návrh dvou nových řešení křižovatky ulic Anglická, U Nádraží a Marie Pujmanové v Havířově v rozsahu technické studie. Pro posouzení stávajícího stavu byly provedeny: dopravní průzkum, výhledové dopravní intenzity pro rok 2038, kapacitní posouzení, analýza nehodovosti, analýza konfliktních situací. Pro řešení nových variantních řešení byla vypracována jak textová, tak i výkresová část, která řeší hlavní technické požadavky. Závěrem je multikriteriálně vyhodnocena nejvhodnější varianta.

## **Annotation**

JEŽÍK, Karel. *Intersection of streets Anglická, U Nádraží a Marie Pujmanové in Havířov City: bachelor's thesis*. Ostrava. VŠB-Technical university of Ostrava, Faculty of civil engineering, Department of Transport Constructions, 2018. 52 p. Thesis supervisor: Ing. Ivan Fencl, Ph.D.

The subject of the thesis is the assessment of the current state and the design of two new solutions of the intersection of streets Anglická, U Nádraží and Marie Pujmanové in Havířov in the extent of the technical study. For the assessment of the current situation, the following were carried out: traffic survey, traffic intensities for 2038, capacitive assessment, accident analysis, analysis of conflict situations. For solution of new variant solutions, both the text and the drawing part were developed, which evaluates the main technical requirements. In the end of the thesis was multicriterially selected the most appropriate variant.

## **Klíčová slova**

Průsečná křižovatka, okružní křižovatka, úroveň kvality dopravy, dopravní průzkum, kapacitní posouzení, původní stav, konfliktní situace, dopravní intenzita, dopravní proud, úroveň kvality dopravy

## **Key words**

Cross intersection, roundabout, quality of traffic, traffic survey, capacitive assessment, original state, conflict situation, traffic intensity, traffic flow

# Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Popis stávajícího stavu.....</b>	<b>2</b>
2.1. Popis širších vztahů .....	2
2.2. Popis bližších vztahů .....	3
2.3. Popis ramen křižovatky .....	4
<b>3. Dopravní průzkum.....</b>	<b>6</b>
3.1. Metoda dopravního průzkumu .....	6
3.2. Analýza špičkové hodiny .....	7
3.3. Stanovení ročního průměru denních intenzit .....	11
3.4. Výhledová intenzita dopravy .....	12
3.5. Kapacitní posouzení neřízené průsečné křižovatky .....	14
<b>4. Analýza dopravní nehodovosti.....</b>	<b>22</b>
<b>5. Analýza konfliktních situací.....</b>	<b>26</b>
<b>6. Návrh řešení .....</b>	<b>32</b>
6.1. Popis varianty č. 1 .....	32
6.2. Popis varianty č. 2 .....	35
6.3. Kapacitní posouzení kružních křižovatek .....	38
6.4. Simulační modely.....	40
<b>7. Vyhodnocení variant.....</b>	<b>42</b>
<b>8. Rozpracování vítězné varianty .....</b>	<b>43</b>
8.1. Identifikační údaje.....	43
8.2. Zdůvodnění studie .....	43
8.3. Stanovení zájmové oblasti.....	43
8.4. Výchozí údaje pro návrh variant .....	43
8.5. Charakteristika území.....	44
8.6. Základní údaje navržené varianty .....	44
8.7. Kapacitní posouzení .....	44
8.8. Rozhledové poměry.....	45
8.9. Průjezdnost .....	45
8.10. Odhad nákladů.....	45
<b>9. Závěr .....</b>	<b>46</b>



<b>10. Seznam použitých zdrojů.....</b>	<b>48</b>
10.1. České technické normy .....	48
10.2. Technické podmínky .....	48
10.3. Internetové zdroje.....	48
10.4. Ostatní .....	49
10.5. Použitý software .....	49
<b>11. Seznam obrázků a tabulek .....</b>	<b>50</b>
11.1. Seznam obrázků .....	50
11.2. Seznam tabulek .....	51
<b>12. Seznam příloh .....</b>	<b>52</b>

## Seznam použitého značení

MHD	městská hromadná doprava
ČSAD	Československá automobilová doprava a Československá státní automobilová doprava
obr.	obrázek
tab.	tabulka
tzv.	takzvaně
resp.	respektive
apod.	a podobně
ČSN	česká technická norma
TP	technické podmínky
voz.	Vozidlo
voz/h	vozidlo/hodina
voz/den	vozidlo/den
pvoz/h	přepočtené vozidlo/hodina
km/h	kilometr za hodinu
m <sup>2</sup>	metr čtvereční
m.n.m.	metrů nad mořem
m	metr
°C	stupně Celsia
Kč	koruna česká
MJ	měrná jednotka
KS	konfliktní situace
OK	okružní křižovatka
ÚKD	úroveň kvality dopravy
RPDI	roční průměr denních intenzit

# 1. Úvod

Jako téma své bakalářské práce jsem si vybral průsečnou křižovatku ulic Anglická, U Nádraží a Marie Pujmanové v Havířově – leží mezi úsekem silnice I/11 (tzv. Rudná) a Šumbarkem. Tuto křižovatku jsem si zvolil z několika důvodů:

- Tvorba kongescí na vedlejších ramenech křižovatky ve špičkových hodinách.
- Nedostačující rozměry křižovatky pro bezpečný a plynulý průjezd těžkých vozidel.
- Chybějící přechody pro chodce a chodníky.

Proto v této práci bude provedena celková analýza stávajícího stavu a budou navrženy dva způsoby řešení ke zlepšení zmíněných problémů této křižovatky a jejich vzájemné porovnání dle multikriteriálního hodnocení.

Bakalářská práce bude rozdělena do několika částí. V první úvodní části bude seznámení se stávajícím stavem křižovatky. V druhé části se budeme hlouběji zabývat stávajícím stavem, bude proveden dopravní průzkum, stanovení ročního průměru denních intenzit, vypočítány výhledové intenzity, posouzení kapacit, analýza dopravní nehodovosti a analýza konfliktních situací. Ve třetí části budou navrženy dvě varianty okružních křižovatek, podle územního plánu, ve kterém se plánuje rekonstrukce na okružní křižovatku. Bude zpracována textová i výkresová část pokrývající všechny hlavní technické záležitosti. V programu PTV VISSIM 10 bude vypracován simulační model obou variant. Obě varianty budou kapacitně posouzeny. Ve čtvrté závěrečné části budou tyto nově navržené řešení zhodnoceny a vybrána nejvhodnější varianta dle multikriteriálního hodnocení, následně bude vítězná varianta rozpracována. V závěru budou shrnuty všechny dosažené výsledky této bakalářské práce.

## 2. Popis stávajícího stavu

### 2.1. Popis širších vztahů

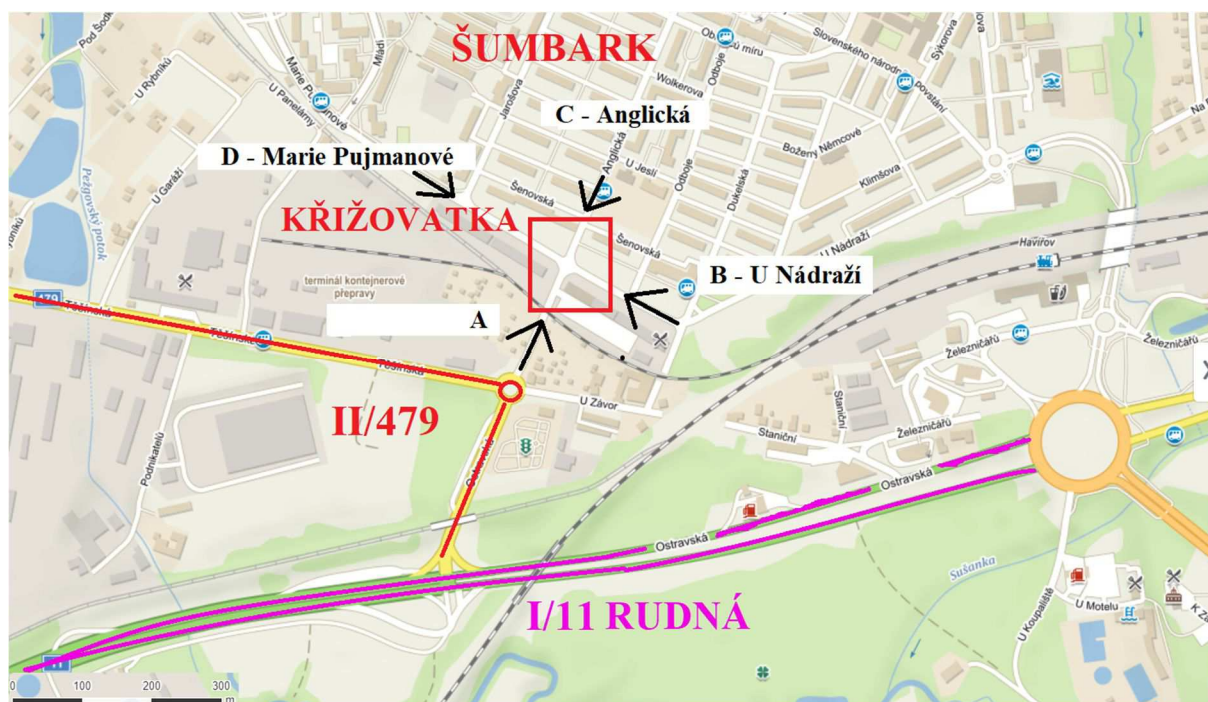
Křižovatka ulic Anglická, U Nádraží a Marie Pujmanové leží ve městě Havířov v městské části Šumbarku. Havířov je statutární město v Moravskoslezském kraji, ležící v ostravské aglomeraci 11 km jihovýchodně od Ostravy. Havířov je nejmladším městem v České Republice, byl vystavěn po druhé světové válce v souvislosti s rozmachem těžby černého uhlí a poptávce po ubytování přijíždějících přistěhovalců hledající práci. Jeden ze základních parametrů při budování města, bylo umístění, při kterém nebude docházet k deformacím zemního masivu v důsledku poddolování. V oblasti tedy nedochází k poklesům terénu a přibližná nadmořská výška se pohybuje kolem 270 m. Žije zde přibližně 75 tisíc obyvatel, z toho v městské části Šumbark zhruba 20 tisíc obyvatel [14].



Obrázek 1 - Lokalizace křižovatky [17] - upraveno

## 2.2. Popis bližších vztahů

Na tuto křižovatku se nepřímou napojují komunikace I/11 (Rudná) a II/479 (Šenov), směrem do městské části Šumbark. Projíždějí zde linky MHD 402,404,408,412,418 a meziměstská linka 441 tj. Havířov – Hranečník, provozovatel autobusové dopravy je ČSAD. Tato kombinace ve odpoledních špičkách vytváří kongesce zejména na vedlejším ramenu – ul. U Nádraží. Ramena byly pojmenována A (napojení II/479 na křižovatku), B – ulice U Nádraží (jihovýchod), C – ulice Anglická (severovýchod), D – ulice Marie Pujmanové (severozápad). Ramena s předností v jízdě jsou A a C. Vedlejší ramena bez přednosti v jízdě jsou B a D, jsou označeny svislým dopravním značením P6 „Stůj, dej přednost v jízdě!“. Všechny ramena jsou dle územního plánu místní obslužné komunikace, návrhová rychlost je 50 km/hod. Na ramenu A se nachází manipulační kolej, která kvůli svojí velmi nízké dopravní intenzitě neovlivňuje zatížení křižovatky.



Obrázek 2 - Bližší vztahy [17] - upraveno



### 2.3. Popis ramen křižovatky

Rameno A a C jsou hlavní pozemní komunikace. Rameno A tvoří přímé napojení ze silnice II/479, můžeme ho teda označit jako napojení Šenov – Šumbark. Rameno C vede do středu Šumbarku po ulici Anglická. Tyto dvě ramena jsou z hlediska dopravních intenzit nejvíce zatížené. Obě tyto ramena obsahují dopravní značení P2 – hlavní pozemní komunikace a rameno C dopravní značení IP6 – přechod pro chodce. Na obrázku č. 3 lze vidět rameno A, v pravé části obrázku se nachází obchod hruška a na levé části obchod s nábytkem. Druhý pohled na tyto obchody je znatelný z obrázku č. 4. K těmto obchodům není vybudován ani jediný přechod pro chodce, nebo místo pro přecházení. Tyto komunikace jsou místní obslužené s šířkou vozovky 6,50 m.



Obrázek 3 - Rameno A



Obrázek 4 - Rameno C (ul. Anglická)

Ramena B a D jsou vedlejší pozemní komunikace. Rameno B vede po ulici U nádraží k vlakovému nádraží Havířova. Rameno D vede po ulici Marie Pujmanové kolem hranic městské části Šumbark. Obě tyto ramena jsou osazeny dopravním značením P6 – stůj, dej přednost v jízdě. Tyto ramena jsou nejméně zatížení, ovšem díky vysokým intenzitám na hlavních komunikacích, je velmi častá tvorba kongescí. K napojení na okolní obchody pro pěší, zde také není žádný přechod pro chodce, nebo místo pro přecházení. Tyto komunikace jsou místní obslužné s šířkou vozovky 6,00 m.



*Obrázek 5 - Ramena B (ul. U Nádraží)*



*Obrázek 6 - Rameno D (ul. Marie Pujmanové)*

### 3. Dopravní průzkum

Dopravní průzkum je jeden z nejdůležitějších podkladů pro vypracování studie křižovatky. Z tohoto důvodu byl dopravní průzkum proveden v běžný pracovní den, tj. středa 1.10.2017 s očekáváním změřit nejvyšší intenzity dopravy. Průzkum byl proveden ve dvou dvouhodinových úsecích od 6:00 do 8:00 a 14:00 do 16:00. Provoz nebyl ovlivněn žádnými neobvyklými jevy. Za celou dobu měření se nevyskytla žádná dopravní nehoda, ale vyskytlo se několik kolizních situací. V tyto doby byla obloha mírně zatažená s mírným působením větru, teplota se pohybovala okolo 5 °C.

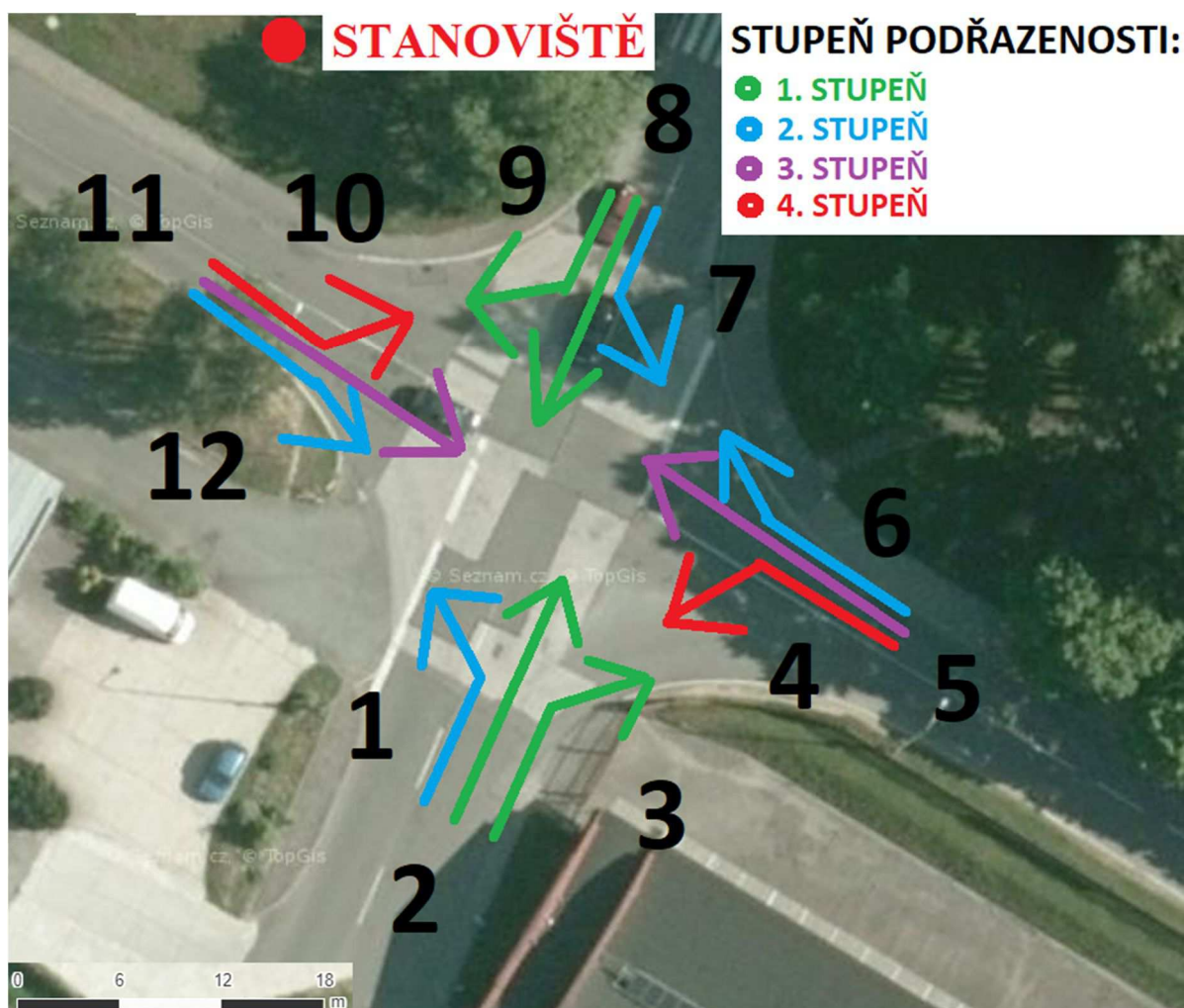
#### 3.1. Metoda dopravního průzkumu

Dopravní průzkum byl natočen a následně dle videozáznamu byly spočítány intenzity dopravy, metodou jednoduchého čárkování – *Příloha č. 1 – Sčítací arch dopravního průzkumu*. Intenzity byly pro přehlednost rozděleny mezi 15 minutové úseky. Nahrávání se odehrálo mezi rameny A a B, tj. severozápadně od bodu křížení paprsků křižovatky – *Obrázek 7 – Schéma dopravních proudů*. Dle doporučení TP 189 [11] byly vozidla rozdělena do těchto skupin:

- **O – osobní automobily** – bez přívěsů i s přívěsy, dodávkové automobily,
- **M – motocykly** – jednostopá motorová vozidla bez přívěsů i s přívěsy,
- **N – nákladní automobily** – lehké, střední a těžké nákladní automobily, speciální nákladní automobily,
- **A – autobusy** – vozidla určená pro přepravu osob a jejich zavazadel, která mají víc než 9 míst (včetně kloubových autobusů a autobusů s přívěsy),
- **K – nákladní soupravy** – přívěsové a návěsové soupravy nákladních vozidel.

Dopravní proudy byly dle doporučení TP 188 [10] označeny a zařazeny podle stupně podřazenosti. Rameno A (jihovýchod) dopravními proudy 1,2,3 a proti hodinovým ručičkám následuje 4,5,6,7,8,9,10,11,12 – *Obrázek 7 – Schéma dopravních proudů*. Hodnoty intenzit chodců byli velmi nízké, a proto nebyli zaznamenáni. Odhadem zde v odpoledních špičkových hodinách projde 40 lidí za hodinu, především přes ramena bez přechodu pro chodce.





Obrázek 7 – Schéma dopravních proudů [16] - upraveno

### 3.2. Analýza špičkové hodiny

Špičková hodina byla určena dle *Tabulka 2 – Odpolední intenzity* mezi 14:00 a 15:00, způsobem sečtení čtyř patnáctiminutových časových intervalů. Jedná se o 1574 vozidel za hodinu. Nutno si povšimnout, že ranní intenzity jsou téměř poloviční oproti odpoledním, kde špičková hodina dosahuje pouze 791 vozidel za hodinu, s touto hodnotou se ovšem nebude pracovat. Špičková hodnota byla porovnána s TP 188 [10], kde orientační kapacita neřízené křižovatky je od 1200 do 1800 voz/h. Špičková hodina dopravních intenzit pro tuto křižovatku se nachází v tomto intervalu a pravděpodobně vyhovuje.

Tabulka 1 - Ranní intenzity

TYP VOZIDLA	ČASOVÝ INTERVAL							
	6:00 - 6:15	6:15 - 6:30	6:30 - 6:45	6:45 - 7:00	7:00 - 7:15	7:15 - 7:30	7:30 - 7:45	7:45 - 8:00
Osobní automobily	162	147	161	158	186	185	151	168
Nákladní automobily	10	12	14	17	6	9	7	9
Autobusy	7	17	11	14	10	12	13	8
Nákladní soupravy	0	1	3	1	2	2	3	2
Motocykly	0	0	0	0	0	0	0	0
SOUČET [voz/h]	179	177	189	190	204	208	174	187
SOUČET ZA HODINU[voz/h]	735							
			760					
					791			
							776	
							773	

Tabulka 2 - Odpolední intenzity

TYP VOZIDLA	ČASOVÝ INTERVAL							
	14:00 - 14:15	14:15 - 14:30	14:30 - 14:45	14:45 - 15:00	15:00 - 15:15	15:15 - 15:30	15:30 - 15:45	15:45 - 16:00
Osobní automobily	177	244	357	364	389	349	312	333
Nákladní automobily	14	6	13	15	12	16	12	8
Autobusy	13	12	9	9	13	10	11	10
Nákladní soupravy	3	4	5	2	4	4	4	2
Motocykly	2	2	1	0	1	1	0	0
SOUČET [voz/h]	209	268	385	390	419	380	339	353
SOUČET ZA HODINU[voz/h]	1252							
			1462					
					1574			
							1528	
							1491	

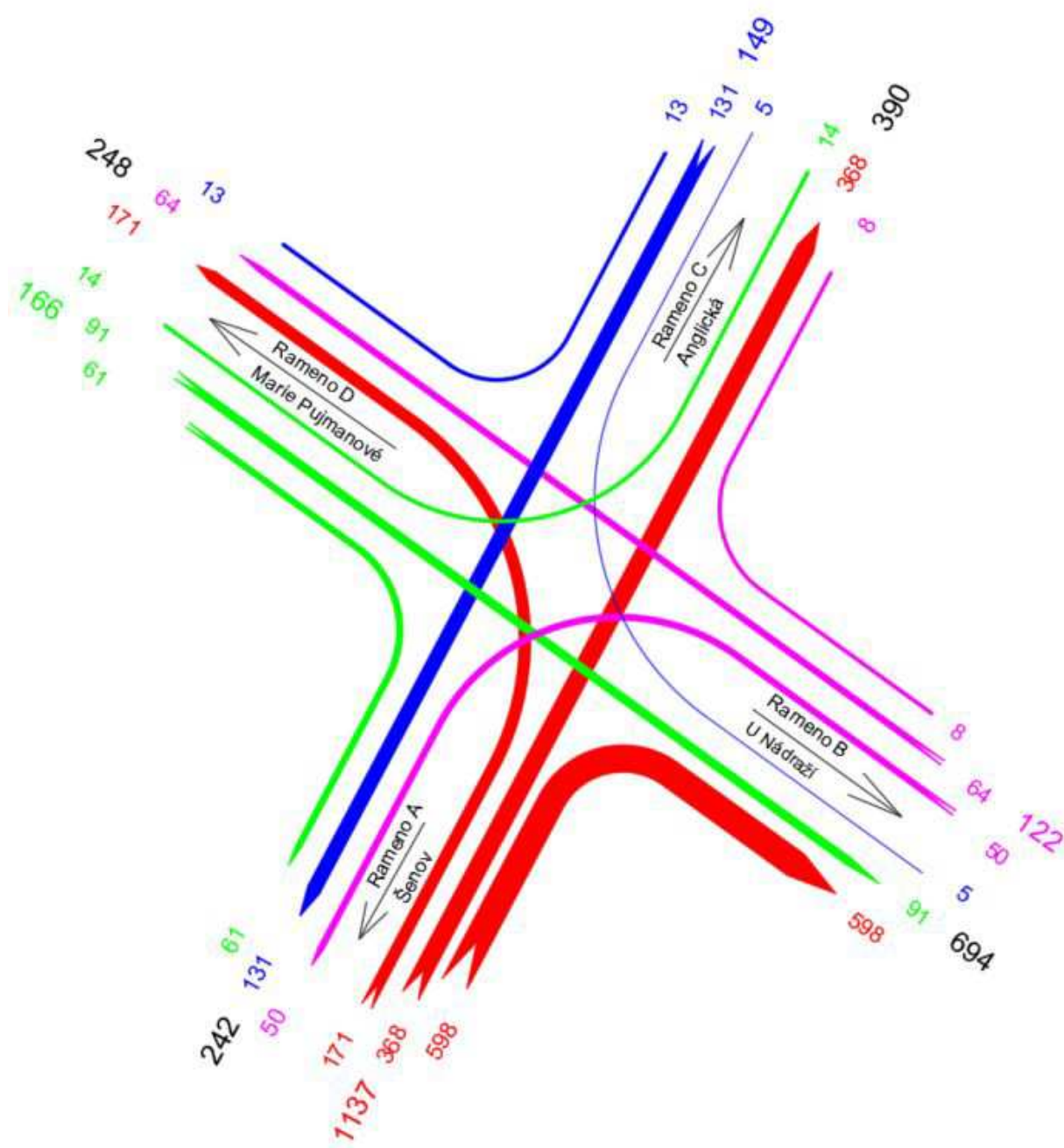
Podle špičkové hodiny a sčítacího archu – *Příloha č. 1*, byla provedena *Tabulka 3 – Skladba dopravních proudů ve špičkové hodině – voz/h* a následně byla tato skladba přepočítána dle TP 188 [10] na přepočítaná vozidla za hodinu – *Tabulka 4 - Skladba dopravních proudů ve špičkové hodině – pvoz/h*. Skladba dopravních proudů byla také podle tabulky 3 vypracována do graficky podoby ve formě pentlogramu – *Obrázek 8 Pentlogram špičkové hodiny*.

*Tabulka 3 - Skladba dopravních proudů ve špičkové hodině – voz/h*

<b>ŠPIČKOVÁ HODINA (14:30 - 15:30) - nepřepočítaná vozidla - 2018</b>													
TYP VOZIDLA	DOPRAVNÍ PROUD												SOUČET daných vozidel
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Osobní vozidla	153	354	559	42	58	8	4	126	10	7	86	52	1459
Nákladní vozidla, autobusy	17	8	34	7	5	0	0	3	3	7	5	8	97
Nákladní soupravy, kloub. autobusy	1	5	4	1	1	0	1	1	0	0	0	1	15
Motocykly	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3
SOUČET dopravních proudů. [voz/h]	171	368	598	50	64	8	5	131	13	14	91	61	<b>1574</b>

*Tabulka 4 - Skladba dopravních proudů ve špičkové hodině – pvoz/h*

<b>ŠPIČKOVÁ HODINA (14:30 - 15:30) - přepočítaná vozidla - 2018</b>													
TYP VOZIDLA	DOPRAVNÍ PROUD												SOUČET daných vozidel
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Osobní vozidla	153	354	559	42	58	8	4	126	10	7	86	52	1459
Nákladní vozidla, autobusy	26	12	51	11	7,5	0	0	4,5	4,5	11	7,5	12	146
Nákladní soupravy, kloub. autobusy	2	10	8	2	2	0	2	2	0	0	0	2	30
Motocykly	0	0,8	0,8	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0	2
SOUČET dopravních proudů [pvoz/h]	181	377	619	55	68	8	6	133	15	18	94	66	<b>1640</b>



Obrázek 8 - Pentlogram špičkové hodiny

### 3.3. Stanovení ročního průměru denních intenzit

Dle TP 189 [11] byl proveden odhad ročního průměru denních intenzit tzv. RPDI. Dle předešlých dopravních intenzit a přepočtových koeficientů byl vypočítán RPDI pro každé vozidlo zvlášť, dle vzorce:

$$RPDI_x = I_m \cdot k_{m,d} \cdot k_{d,t} \cdot k_{t,RPDI} \quad [\text{voz/den}] \quad (1)$$

kde:

$RPDI$	odhad ročního průměru denních intenzit dopravy [voz/den],
$I_m$	intenzita dopravy daného druhu vozidla zjištěná v době průzkumu [voz/doba průzkumu],
$k_{m,d}$	přepočtový koeficient intenzity denních variací dopravy [-],
$k_{d,t}$	přepočtový koeficient intenzity týdenních variací dopravy [-],
$k_{t,RPDI}$	přepočtový koeficient intenzity ročních variací dopravy [-].

Na RPDI je aplikovaná odchylka dle vztahu:

$$\delta = 95 \cdot \left( \frac{I_m}{RPDI} \cdot 100 \right)^{-0,6} \quad [\%] \quad (2)$$

kde:

$\delta$	odchylka odhadu ročního průměru denních intenzit [%],
$I_m$	intenzita dopravy v době průzkumu [voz/doba průzkumu],
$RPDI$	odhad ročního průměru denních intenzit dopravy [voz/den].

Byl vypracován protokol o výpočtu odhadu denních intenzit – *Příloha č. 3 – Protokol o výpočtu odhadu denních intenzit podle TP 189* [11]. Odhad ročního průměru denních intenzit dopravy byl vypočítán a zaokrouhlen na hodnotu 16 272 voz/den. Odchylka přesnosti určení RPDI byla vypočítána a zaokrouhlena na hodnota 17,5 %. Orientační maximální denní kapacita z ČSN 73 6102 [2] pro neřízenou křižovatku, je 18 000 – 24 000 voz/den, což tato křižovatka pravděpodobně splňuje.

### 3.4. Výhledová intenzita dopravy

Prognóza výhledových intenzit dopravy byla provedena pomocí metody jednotného součinitele růstu, podle TP 225 [12]. Tento výpočet dle TP 189 [11] rozlišuje pouze dva základní typy vozidel tj.:

- L – lehká, do které řadíme M – motocykly, O – osobní automobily
- T – těžká, které zahrnují N – nákladní automobily, A – autobusy, K – nákladní soupravy

Poté je třeba rozlišit důležitost dané komunikace, TP 225 [12] rozlišuje tři následující typy komunikací:

- D – dálnice, rychlostní silnice
- I – silnice I. třídy
- II+III – silnice II. třídy, silnice III. třídy

Ačkoliv místní komunikace se zde v tomto případě nevyskytuje, dle TP 225 lze použít stejný postup pro místní komunikace, případně i účelové veřejně přístupné komunikace. Proto lze byla tato křižovatka hodnocena jako úsek silnic III. třídy.

Tento výpočet probíhá ve vyhledání tabulkových koeficientů intenzit pro rok výchozí a rok výhledový a z nich spočítání koeficientu prognózy intenzity dopravy pro danou skupinu vozidel. Křižovatka je posuzována na 20 let, což znamená, že výchozí rok byl zvolen rok 2018 a výhledový rok 2038. Byl použit vzorec:

$$k_{pi} = \frac{k_{vi}}{k_{oi}} \quad [-] \quad (3)$$

kde:

- $k_{pi}$  koeficient prognózy intenzity dopravy pro danou skupinu vozidel [-],
- $k_{vi}$  koeficient vývoje intenzit dopravy pro výhledový rok a pro danou skupinu voz. [-],
- $k_{oi}$  koeficient vývoje dopravy pro výchozí rok a danou skupinu vozidel [-].

Dále spočítaný koeficient prognózy intenzity dopravy vynásobíme výchozí intenzitou pro danou skupinu vozidel, dle vzorce:

$$I_{vi} = I_{0i} \cdot k_{pi} \quad [\text{voz/h}] \quad (4)$$

kde:

- $I_{vi}$       výhledová intenzita dopravy pro danou skupinu vozidel [voz/h],
- $I_{0i}$       výchozí intenzita pro danou skupinu vozidel [voz/h],
- $k_{pi}$       koeficient prognózy intenzity dopravy pro danou skupinu vozidel [-].

Pro každý dopravní proud byl proveden samostatný výpočet, pro posouzení kapacit křižovatky pro výhledový rok. Po sečtení všech dopravních proudů zjistíme, že z hodnot dopravního průzkumu, ve špičkové hodině od 14:30 do 15:30, byla vypočítána: výchozí intenzita dopravy  $I_0=1574$  voz/h a výhledová intenzita  $I_{vi}= 1908$  voz/h. Což znamená nárůst o 424 voz/h.

Celý postup výpočtu je zaznamenán v *Příloha č. 4 – Jednotný protokol pro výpočet výhledové intenzity dopravy podle TP 225*. Výsledky z výpočtu tohoto protokolu jsou přehledně zaznamenány v *Příloha č. 2 – Skladba dopravních proudů pro rok 2018 a 2038*.

### 3.5. Kapacitní posouzení neřízené průsečné křižovatky

Dalším významným bodem zpracování dopravního průzkumu je posouzení kapacity křižovatky. Orientačně má neřízená průsečná křižovatka kapacitu 1200 až 1800 voz/h. Pro posouzení je potřeba znát podrobné složení intenzit dopravy na daném úseku, které byly zpracovány dle dopravního průzkumu. V tomto bodu bude posouzen stávající stav křižovatky pro rok 2018 a pokud vyhoví, tak poté i pro výhledový rok 2038. Konečným kapacitní posudek je vyjádřen dle úrovně kvality dopravy tzv.: ÚKD. Dle TP 188 [10] se rozděluje na tyto kategorie:

- **Stupeň A:** Doba zdržení je velmi malá
- **Stupeň B:** Podřazený dopravní proud je ovlivněný. Doba zdržení je malá.
- **Stupeň C:** Doba zdržení je citelná. Vznikají ojedinělé krátké fronty.
- **Stupeň D:** Fronta vozidel vyvolává výrazné časové ztráty. Dopravní situace je ještě stabilní.
- **Stupeň E:** Tvoří se fronta, která se při existujícím zatížení již nesnižuje.  
Charakteristická je citlivá závislost, kdy malé změny zatížení vyvolají prudký nárůst ztrát.
- **Stupeň F:** Kapacita je překročena. Fronta vozidel narůstá bez ohledu na dobu

Pro náš případ, tj.: posuzujeme křižovatku křižující místní komunikace, což podle ČSN 73 6102 [2] znamená, že minimální úroveň kvality dopravy je E.

Postup výpočtu byl proveden podle TP 188 [10]. Křižovatka byla posouzena na základě odpolední špičkové hodiny a na to navazující výhledové intenzity z *Příloha č. 4 – Protokol o výpočtu výhledové intenzity podle TP 225*. Obojí intenzity byly přepočítány dle doporučených přepočtových koeficientů pro stykovou a průsečnou křižovatku:

*Tabulka 5 - Doporučené přepočtové koeficienty [10]*

Typ křižovatky	Motocykly	Osobní vozidla	Nákladní vozidla, autobusy	Nákladní soupravy, kloubové autobusy
Průsečné a stykové	0,8	1,0	1,5	2,0



Pro zjednodušení postupu je uvažováno, že křižovatka má společné řazení dopravních proudů. Pro tento výpočet byly zjištěny bližší údaje o křižovatce tj.: počet ramen křižovatky, počet jízdních pruhů a jejich geometrické vlastnosti, nejvyšší dovolená rychlost, přednosti v jízdě pro každé rameno, stupeň podřazenosti proudů pro průsečnou křižovatku:

*Tabulka 6 - Stupně podřazenosti pro průsečnou křižovatku [10]*

Stupeň	Charakteristika	Dopravní proudy
1. stupeň	nadřazenost	2,3,8,9
2. stupeň	jednoduchá podřazenost proudů 1. stupně	1,6,7,12
3. stupeň	dvojnásobná podřazenost proudům 1. a 2. stupně	5,11
4. stupeň	trojnásobná podřazenost proudům 1., 2. a 3. stupně	4,1

Umístění dopravních proudů již bylo blíže popsáno z – *Obrázek 7 – Schéma dopravních proudů*. Dále je potřeba spočítat rozhodující intenzity nadřazených proudů, které vypočítáme podle následující tabulky:

*Tabulka 7 - Součet intenzit nadřazených proudů [10]*

Podřazený proud	Číslo	Součet intenzit nadřazených proudů [voz/h]
Levé odbočení z hlavní	1	$I_8 + I_9$
	7	$I_2 + I_3$
Pravé odbočení z vedlejší	6	$I_2 + 0,5 \cdot I_3$
	12	$I_8 + 0,5 \cdot I_9$
Přímý průjezd z vedlejší	5	$I_2 + 0,5 \cdot I_3 + I_8 + I_9 + I_1 + I_7$
	11	$I_8 + 0,5 \cdot I_9 + I_2 + I_3 + I_1 + I_7$
Levé odbočení z vedlejší	4	$I_2 + 0,5 \cdot I_3 + I_8 + 0,5 \cdot I_9 + I_1 + I_7 + I_{12} + I_{11}$
	10	$I_8 + 0,5 \cdot I_9 + I_2 + 0,5 \cdot I_3 + I_1 + I_7 + I_6 + I_5$

Poslední hodnoty, které musíme zjistit jsou veličiny časových a následných odstupů, které zjistíme podle následujících tabulek:

*Tabulka 8 - Hodnoty časových odstupů [10]*

<i>Druh dopravního proudu</i>	<i>Číslo dopravního proudu</i>	<i>Funkce <math>t_g</math> v závislosti na rychlosti jízdy na hlavní komunikaci [km/h] - <math>v</math> [s]</i>
Levé odbočení z hlavní	7/1	$t_g = 3,4 + 0,021 \cdot v_{85\%}$
Pravé odbočení z vedlejší	6/12	$t_g = 2,8 + 0,038 \cdot v_{85\%}$
Přímý průjezd z vedlejší	5/11	$t_g = 4,4 + 0,036 \cdot v_{85\%}$
Levé odbočení z vedlejší	4/10	$t_g = 5,2 + 0,022 \cdot v_{85\%}$

*Tabulka 9 - Hodnoty následných odstupů [10]*

<i>Druh dopravního proudu</i>	<i>Číslo dopravního proudu</i>	<i><math>t_f</math> [s]</i>	
		<i>P4 "Dej přednost v jízdě!"</i>	<i>P6 "Stůj, dej přednost v jízdě"</i>
Levé odbočení z hlavní	7/1	2,6	
Pravé odbočení z vedlejší	6/12	3,1	3,7
Přímý průjezd z vedlejší	5/11	3,5	3,9
Levé odbočení z vedlejší	4/10	3,5	4,1

Nyní máme vše potřebné pro výpočet k posouzení kapacit křižovatky. Pro dopravní proudy 1. stupně je zadávána základní a výsledná kapacita 1800 pvoz/h, pro ostatní proudy platí vztah pro výpočet základní kapacity:

$$G_n = \frac{3600}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_H}{3600} \cdot (t_g - \frac{t_f}{2})} \quad [\text{pvoz/h}] \quad (5)$$

kde:

- $G_n$  základní kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h],
- $I_H$  rozhodující intenzita nadřazených proudů [voz/h],
- $t_g$  kritický časový odstup [s],
- $t_f$  následný časový odstup [s].

Výslednou kapacitu dopravních proudů 1. stupně známe, a pro 2. stupeň platí vztah (7), tedy rovnost mezi základní a výslednou kapacitou:

$$C_n = G_n \quad [\text{pvoz/h}] \quad (6)$$

kde:

$G_n$  základní kapacita jízdního proudu n-tého stupně [pvoz/h].

Kapacita jízdních proudů třetího a čtvrtého stupně se vypočítá se zohledněním pravděpodobnosti nevzdutí rozhodujících nadřazených dopravních proudů, která snižuje jejich základní kapacitu. Pravděpodobnost nevzdutého stavu nadřazených proudů  $p_{0,n}$  se stanoví podle vztahu:

$$p_{0,n} = \max \left\{ \begin{matrix} (1 - a_v) \\ 0 \end{matrix} = \left( 1 - \frac{I_n}{C_n} \right) \right\} \quad [-] \quad (7)$$

kde:

$n$  dopravní proudy 1,7,6,12,5,11,  
 $a_v$  stupeň vytížení pro n-tý proud [-],  
 $I_n$  intenzita dopravy dopravního proudu n [pvoz/h],  
 $C_n$  kapacita jízdního pruhu n-tého proudu [pvoz/h].

Pro výpočet kapacit jízdních proudů třetího stupně u průsečných křižovatek platí, že dopravní proudy 5 a 11 (přímý průjezd z vedlejší) jsou proudy třetího stupně. V nadřazených dopravních proudech druhého stupně 1 a 7 (odboční vlevo z hlavní komunikace) mohou nezávisle na sobě vzniknout fronty vozidel. Kapacity jízdních proudů 5 a 11 ( $C_5$  a  $C_{11}$ ) vyplývají ze vztahu (8) násobením základních kapacit hodnotou pravděpodobnosti současného nevzdutí proudů 1 a 7  $p_x$ :

$$\begin{aligned}
C_5 &= p_x \cdot G_5 & [\text{pvoz/h}] \\
C_{11} &= p_x \cdot G_{11} & [\text{pvoz/h}]
\end{aligned} \tag{8}$$

kde:

$$\begin{aligned}
C_5, C_{11} & \text{kapacita jízdního pruhu proudu 5 nebo 11 [pvoz/h],} \\
p_x & p_x = p_{0,1} \cdot p_{0,7} \text{ pravděpodobnost současného nevzdutí proudů 1 a} \\
& 7 [-], \\
G_5, G_{11} & \text{základní kapacita jízdního pruhu pro proud 5 nebo 11 [pvoz/h].}
\end{aligned}$$

Pro výpočet kapacit jízdních proudů čtvrtého stupně 4 a 10 na průsečné křižovatce platí: musí se zohlednit pravděpodobnost, že se současně nevytvoří kolony v dopravních proudech druhého (1,7 a 6,12) a třetího stupně (5 a 11), což ale není navzájem závislé. Po vypočítání hodnot pravděpodobnosti  $p_{0,1}$  ;  $p_{0,7}$  ;  $p_{0,6}$  ;  $p_{0,12}$  ;  $p_{0,5}$  ;  $p_{0,11}$  se určují hodnoty pravděpodobnosti  $p_{z,5}$  a  $p_{z,11}$ , které vyjadřují s dostatečnou přesností stav bez vzdutí:

$$p_{z,n} = \frac{1}{1 + \frac{1-p_x}{p_x} + \frac{1-p_{0,n}}{p_{0,n}}} \quad [-] \tag{9}$$

kde:

$$\begin{aligned}
n & \text{dopravní proud 5 nebo 11,} \\
p_{0,n} & \text{pravděpodobnost nevzdutého stavu n-tého nadřazeného proudu [-],} \\
p_x & p_x = p_{0,1} \cdot p_{0,7} \text{ pravděpodobnost současného nevzdutí proudů 1 a 7} \\
& [-], \\
p_{z,n} & \text{pravděpodobnost současného nevzdutí proudů 1,7,5 nebo 1,7,11 [-].}
\end{aligned}$$

Kapacity jízdních pruhů proudů čtvrtého stupně ( $C_4$  a  $C_{10}$ ), tj. proudů odbočující vlevo z vedlejší komunikace se vypočítají podle vztahu:

$$\begin{aligned} C_4 &= p_{z,11} \cdot p_{0,12} \cdot G_4 & [\text{pvoz/h}] \\ C_{10} &= p_{z,5} \cdot p_{0,6} \cdot G_{10} & [\text{pvoz/h}] \end{aligned} \quad (10)$$

kde:

$C_4, C_{10}$	kapacita jízdního pruhu proudu 4 nebo 10 [pvoz/h],
$p_{z,5}, p_{z,11}$	pravděpodobnost současného nevzdutí proudů 1,7,5 nebo 1,7,11 [-] podle vztahu (10),
$p_{0,12}, p_{0,6}$	pravděpodobnost nevzdutého stavu nadřazeného proudu 12 nebo 6 [-],
$G_4, G_{10}$	základní kapacita jízdního pruhu proudu 4 nebo 10 [pvoz/h].

Nyní určíme střední dobu zdržení  $t_w$ , dle *Obrázek 9 - Graf vztahu střední doby zdržení na rezervě kapacity*, která závisí na rezervě kapacity jízdního pruhu příslušného proudu, podle vztahu:

$$Rez = C_n - I_n \quad [\text{pvoz/h}] \quad (11)$$

kde:

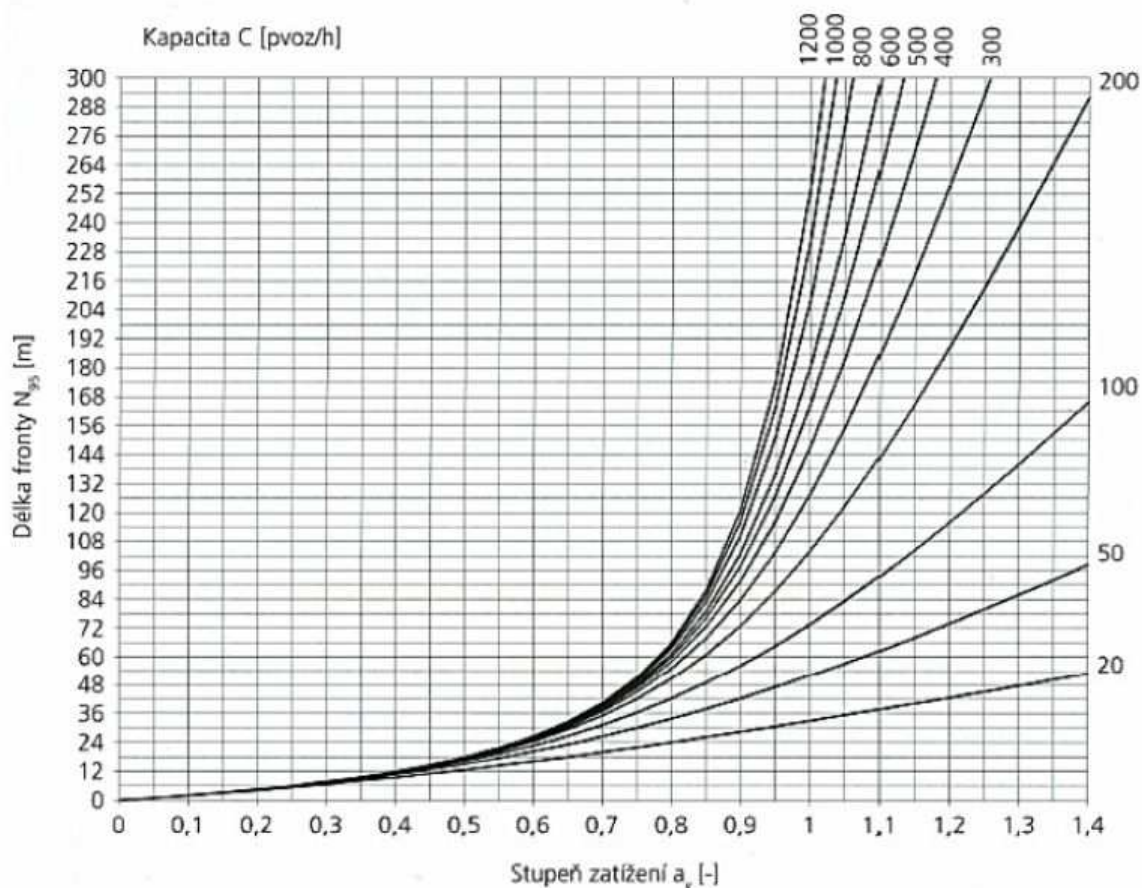
$C_n$	kapacita pruhu [pvoz/h],
$I_n$	intenzita dopravního proudu n [pvoz/h].

Výpočet délky fronty  $N_{95\%}$  na vjezdech se určí dle - *Obrázek 9 - Graf pro určení délky fronty*, na základě stupně vytížení  $a_v$  a hodnoty kapacity  $C_n$ . Stupeň vytížení je dán následujícím vztahem:

$$a_v = \frac{l_n}{c_n} \quad [-] \quad (12)$$

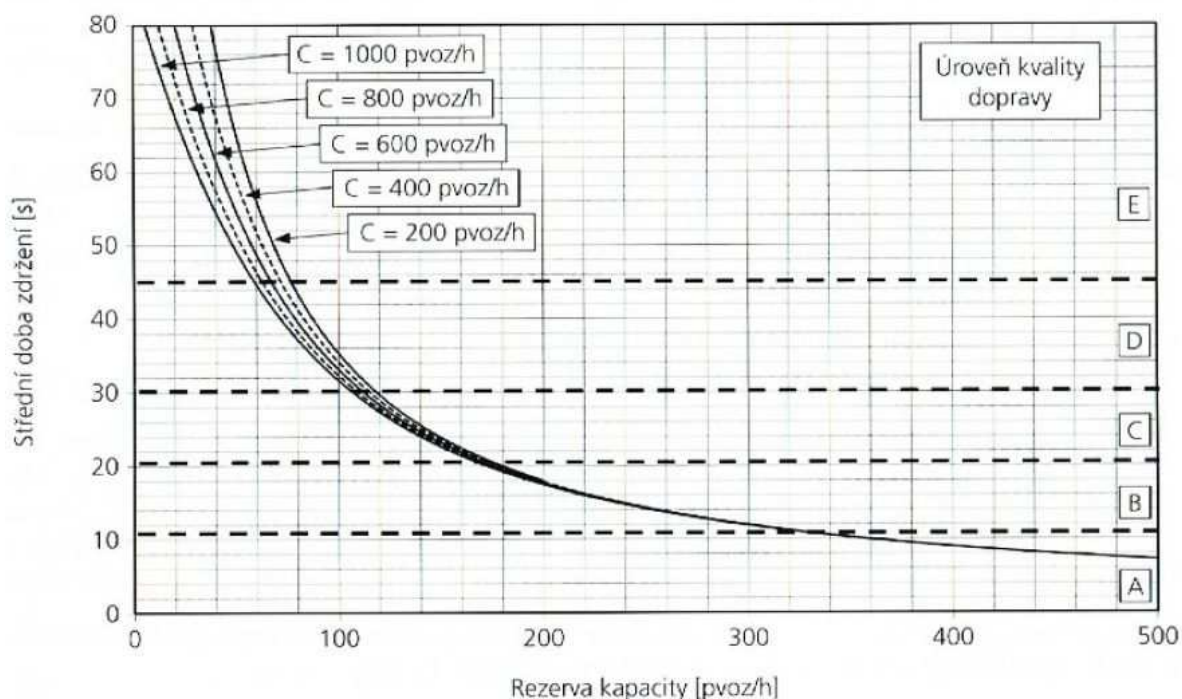
kde:

$I_n$	návrhová intenzita dopravního proudu n [pvoz/h],
$C_n$	kapacita pruhu dopravního proudu n [pvoz/h].



Obrázek 10 - Graf pro určení délky fronty

Jako finální krok při kapacitním posouzení křižovatky je určení úrovně kvality dopravy celé křižovatky. Na základě hodnoty rezervy kapacity můžeme vyčíst z grafu dle - *Obrázek 10 - Graf vztahu střední doby zdržení na rezervě kapacity* orientační hodnotu střední doby zdržení a úroveň kvality dopravy pro každý příslušný dopravní proud:



Obrázek 11 - Graf vztahu střední doby zdržení na rezervě kapacity

Príslušné výsledky kapacitního posouzení neřízené průsečné křižovatky, byly vypočítány a zaneseny do Příloha č. 6 – Protokol o kapacitním posouzení neřízené průsečné křižovatky podle TP 188.

Na základě tohoto protokolu zjistíme, že ačkoliv proudy s podřazeností 1. a 2. stupně vycházejí s ÚKD stupně A, tak proud s podřazeností 4. stupně – dopravní proud č. 4 (směr z ramena B do ramena A) vychází ÚKD stupně F. Při kapacitním posouzení křižovatky jako celku, je zohledněn každý dopravní proud a její stupeň vychází z nejhoršího stupně dopravního proudu. Tudíž ÚKD křižovatky je F, a tak křižovatka nevyhovuje. Požadovaný stupeň ÚKD křižovatky je E. Vzhledem k nevyhovujícímu stávajícímu stavu nemusí být provedeno posouzení pro výhledový rok 2038.

## 4. Analýza dopravní nehodovosti

Dopravní nehoda je výjimečný jev, nepředvídatelná kolize jednoho nebo více dopravních prostředků, při níž dojde ke hmotné škodě nebo zranění. U posouzení dopravní nehodovosti je nutné hledět nejenom na příčinu, ale zároveň i na dané okolnosti, jako například intenzity daného úseku. Přeci jen je významný rozdíl zda-li se vyskytne deset nehod za rok na dálnici, či na účelové komunikace. Nejčastějším důvodem výskytu tohoto jevu je lidský faktor, zejména nedostatečné věnování pozornosti řízení, nepřiměřená rychlost, anebo také nedodržení bezpečné vzdálenosti za vozidlem. Jen málokdy se stává, že jiným činitelem dopravní nehody je něco jiného než lidský faktor, ačkoliv dopravní nehoda může být kombinace několika příčin, ale i tam můžeme hovořit o nepřiměřené rychlosti vzhledem ke stavu viditelnosti, venkovní vlhkosti, námraze apod. S lidským faktorem se musí počítat, a proto se v dopravních stavbách vyskytují vždy bezpečnostní zařízení, ať už záchytné nebo vodící. U křižovatek můžeme ovlivnit celkovou bezpečnost podle analýzy dopravní nehodovosti, která vzniká na základě pozorování stávajícího stavu křižovatky za dlouhý časový úsek, většinou řadu let. Pokud se jedná o novostavbu, můžeme použít prognózu dopravních intenzit, psychologii v dopravě nebo také intuici. Mezi nejčastější nová opatření patří úpravy vodorovného a svislého značení, až změna stávajícího stavu křižovatky, podle závažnosti nehodovosti.

Přesnost o dopravních nehodách ztížila zavedená novela zákona o dopravních nehodách, která vešla v platnost 1. ledna 2009. Po této změně se musí hlásit pouze nehoda s hmotnou škodou nad 100 000 Kč a poškození majetku třetí osoby, nebo při újmě na zdraví.

Analýza dopravní nehodovosti byla zpracována na základě informací z veřejně přístupného systému Policie ČR o statistických údajích dopravní nehodovosti – *Příloha č. 6 – Statistické vyhodnocení nehodovosti v silničním provozu*. Tyto informace jsou přístupné na internetových stránkách provozující Centrum dopravního průzkumu [21]. Tento systém má právě přispět ke zvýšení bezpečnosti na pozemních komunikacích.

Vzhledem ke změně zákona o dopravních nehodách, jsem se kvůli konzistenci výsledků rozhodl, pro zpracování dat od začátku roku 2009 do začátku roku 2018 – tudíž časový úsek téměř jednoho desetiletí.



V tomto období se stalo celkem šestnáct dopravních nehod. Ovšem kdybychom se podívali do časového úseku před změnou zákona o dopravních nehodách, tedy období 1.1. 2007 – 1.1. 2009, zjistíme, že za tyto dva roky došlo k patnácti nehodám, tedy skoro stejnému počtu. Můžeme se tedy domnívat, že zde za zvolené desetiletí došlo k výrazně vyššímu počtu skutečných dopravních nehod.

Na obrázku č. 10 je letecký snímek se statistickým vyhodnocením dopravní nehodovosti, vytvořený podle zmíněného systému. Došlo zde tedy k celkově šestnácti nehodám, sedmi nehodám s následky na zdraví a devět lehce zraněných osob.

**Období: 2009/01/01 - 2018/03/04**

**Správní území vybrané lokality: Havířov (Moravskoslezský kraj)**



Všeobecný přehled o nehodách v zadané lokalitě		
Počet nehod celkem		16
Počet nehod s následky na zdraví		7
Počet usmrcených osob (stav do 24 hod.)	☠	0
Počet těžce zraněných osob (stav do 24 hod.)	⚡	0
Počet lehce zraněných osob (stav do 24 hod.)	👤	9

*Obrázek 12 - Snímek dopravní nehodovosti (2009 - 2018) [21]*

Statistika nehod dle hlavních příčin nehody uvádí, že z celkově šestnácti nehod, byla hlavní příčina v patnácti případech nedodržení příkazu dopravního značení „Stůj, dej přednost v jízdě!“ a v jednom případě při odbočování vlevo – *Obrázek 12*.

Statistika nehod podle hlavních příčin nehody				
Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené osoby	Těžce zraněné osoby	Lehce zraněné osoby
proti příkazu dopravní značky STŮJ DEJ PŘEDNOST	15	0	0	9
při odbočování vlevo	1	0	0	0

*Obrázek 13 – Statistika nehod podle hlavních příčin nehody [21]*

Všechny dopravní nehody spadají pod jeden druh – srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem – *Obrázek 14*.

Statistika nehod podle druhu				
Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené osoby	Těžce zraněné osoby	Lehce zraněné osoby
srážka s jedoucím nekolejovým vozidlem	16	0	0	9

*Obrázek 15 - Statistika nehod dle druhu dopravní nehody [21]*

Ve většině případů se dopravní nehody vyskytly ve dne s nezhoršenou viditelností – *Obrázek 14*.

Statistika nehod v zadané lokalitě podle viditelnosti				
Druh nehody	Počet nehod	Usmrcené osoby	Těžce zraněné osoby	Lehce zraněné osoby
ve dne, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	10	0	0	8
ve dne, zhoršená viditelnost vlivem povětrnostních podmínek (mlha, sněžení, déšť apod.)	3	0	0	0
v noci - s veřejným osvětlením, viditelnost nezhoršená vlivem povětrnostních podmínek	2	0	0	0
v noci - s veřejným osvětlením, zhoršená viditelnost vlivem povětrnostních podmínek (mlha, déšť, sněžení apod.)	1	0	0	1

*Obrázek 16 - Statistika nehod podle viditelnosti [21]*

Všechny tyto nehody se vyskytly bez přítomnosti alkoholu, nebo drog. Za dobrých rozhledových poměrů. Bez účastníků okolních chodců. Za stavu dobré komunikace, bez závad. V patnácti případech osobní automobil, v jednom autobus. Podrobné informace o nehodovosti můžete nalézt v *Příloha č. 6 – Statistické vyhodnocení nehodovosti v silničním provozu*.

Pro vyhodnocení bezpečnosti křižovatky, bude spočítána hodnota relativní nehodovosti. Je to běžný ukazatel nebezpečnosti komunikace. Konečné hodnoty tohoto ukazatele pro bezpečné křižovatky se pohybuje od 0,1 do 0,9, pro křižovatky s drobnými nedostatky 0,9 až 1,6 a pro křižovatky se zásadními nedostatky 1,6 a výše.

$$R = \frac{N_0}{365 \cdot I \cdot T} \cdot 10^6 \quad [\text{počet osobních nehod/mil. voz. a rok}] \quad (13)$$

kde:

$N_0$  počet osobních nehod celkem ve sledovaném období,

$I$  průměrná denní intenzita provozu [voz/den],

$T$  délka sledovaného období [rok].

dosazení do vzorce:

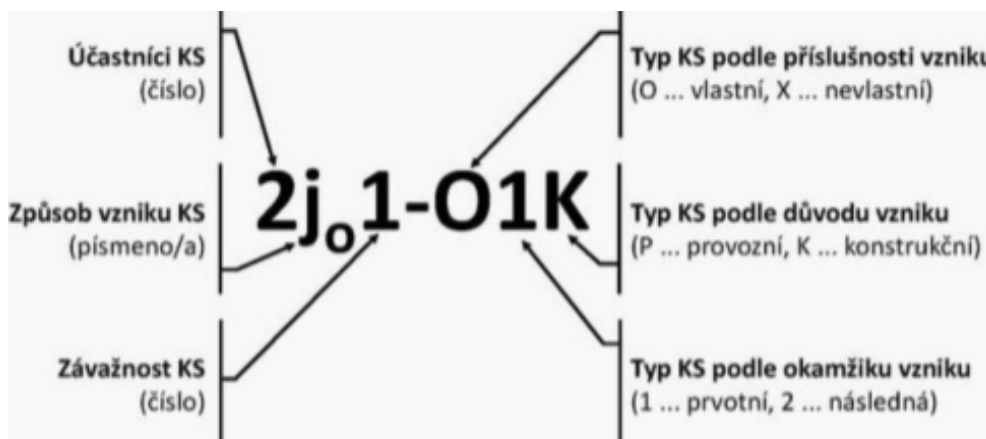
$$R = \frac{16}{365 \cdot 16272 \cdot 9,2} \cdot 10^6 = 0,29 \quad [\text{počet osobních nehod/mil. voz. a rok}] \quad (13)$$

Z analýzy dopravní nehodovosti jsme zjistili, že křižovatka nepatří mezi nehodové. Dle hodnoty relativní nehodovosti se jedná o křižovatku bezpečnou. Avšak zásadní roli zde má fakt, že skoro ve všech případech (patnáct ze šestnácti) hlavní příčina dopravní nehody bylo nedodržení dopravního příkazu „Stůj, dej přednost v jízdě!“. A proto by bylo vhodné se novému návrhovému řešení se svislým dopravním značením P6 vyhnout.

## 5. Analýza konfliktních situací

Konfliktní situaci (KS) lze definovat jako situaci, ve které se dva nebo více účastníků silničního provozu k sobě přiblíží v takovém prostoru a čase, že hrozí bezprostřední nebezpečí kolize, pokud jejich pohyb zůstane nezměněn. Definice vyjímá dopravní přestupky, situace, při nichž se jedná o parkující vozidla a nehody jednoho vozidla. Jsou to tedy potencionální nehodové situace „skoronehody“ [24]. Každá pozemní komunikace by měla těmto situacím předcházet a minimalizovat tak výskyt nebezpečí.

Posouzení konfliktních situací jsem provedl podle metody doc. Folprechta, doplněnou o inovovaný klasifikační symbol:



Obrázek 17 – Inovovaný klasifikační symbol pro označení konfliktní situace [25]

První část klasifikačního symbolu se skládá ze tří částí – z číslice (udává účastníky KS), písmene (udává způsob vzniku KS) a opět číslice (udává závažnost KS) dle následujících tabulek:

*Tabulka 10 - Účastníci konfliktní situace [25]*

Kategorie	Znak
chodec	1 ... ..
automobil	2 ... ..
tramvaj	3 ... ..
chodec x automobil	4 ... ..
chodec x tramvaj	5 ... ..
automobil x automobil	6 ... ..
automobil x tramvaj	7 ... ..
tramvaj x tramvaj	8 ... ..
autobus	9 ... ..

*Tabulka 11 - Způsob vzniku konfliktní situace [25]*

Kategorie	Znak
Možnost středu s příčně jedoucím	... A ...
Možnost střetu s protijedoucím	... B ...
Možnost středu ve stykovém bodě	... C ...
Možnost střetu najetím zezadu	... D ...
Možnost střetu se souběžně jedoucím	... E ...
Možnost střetu vlivem parkovacích manévřů	... P ...
Možnost střetu vlivem otáčení	... O ...
Vjezd (vstup) na červenou	... č ...
Zavinil chodec	... ch ...
Zavinilo vozidlo	... v ...
Agresivita	... a ...
Pasivita	... p ...
Vlivem fronty na křižovatce	... f ...

*Tabulka 12 - Závažnost konfliktní situace [25]*

Kategorie	Znak
Potenciální konfliktní situace (bez reakce)	... .. 1
Konfliktní situace (bez násilné reakce)	... .. 2
Konfliktní situace (s ostrou reakcí)	... .. 3
Dopravní nehoda	... .. 4

Závažnost konfliktních situací lze podrobněji vysvětlit takto [25]:

- 1. stupeň – situace, které lze považovat za potenciální konfliktní situace, tj., kdy jde o porušování dopravních předpisů v té chvíli osamoceným účastníkem dopravy (tzn. bez přítomnosti jiných, které by mohla taková akce ohrozit),
- 2. stupeň – situace, kdy lze pozorovat narušení plynulosti provozu, tzn. anomálie, které nevyvolávají násilnou reakci, ale váhání, agresivita či prosté chybné jednání je zřejmé a má za následek reakci dalších účastníků,
- 3. stupeň – situace, kdy jedině prudká úhybná akce (ostré brzdění nebo náhlé vybočení) zamezí střetu,
- 4. stupeň – ve všech ostatních případech dochází k dopravní.

Druhá část klasifikačního symbolu začíná pomlčkou. Následuje znova trojmístný symbol – písmeno (udává příslušnost vzniku KS), číslice (udává okamžik vzniku KS) a písmene (udává důvod vzniku KS)

Podrobněji tyto části trojmístného symbolu lze rozdělit takto:

Podle příslušnosti vzniku konfliktní situace [25]:

*Vlastní konfliktní situace (O)* – konfliktní situace, která souvisí přímo s provozem na sledovaném místě, s jeho stavebním uspořádáním atp.,

*Nevlastní konfliktní situace (X)* – konfliktní situace, které nesouvisí přímo s provozem na sledovaném místě, s jeho stavební uspořádáním atp. a vzniknou mimo sledované místo.

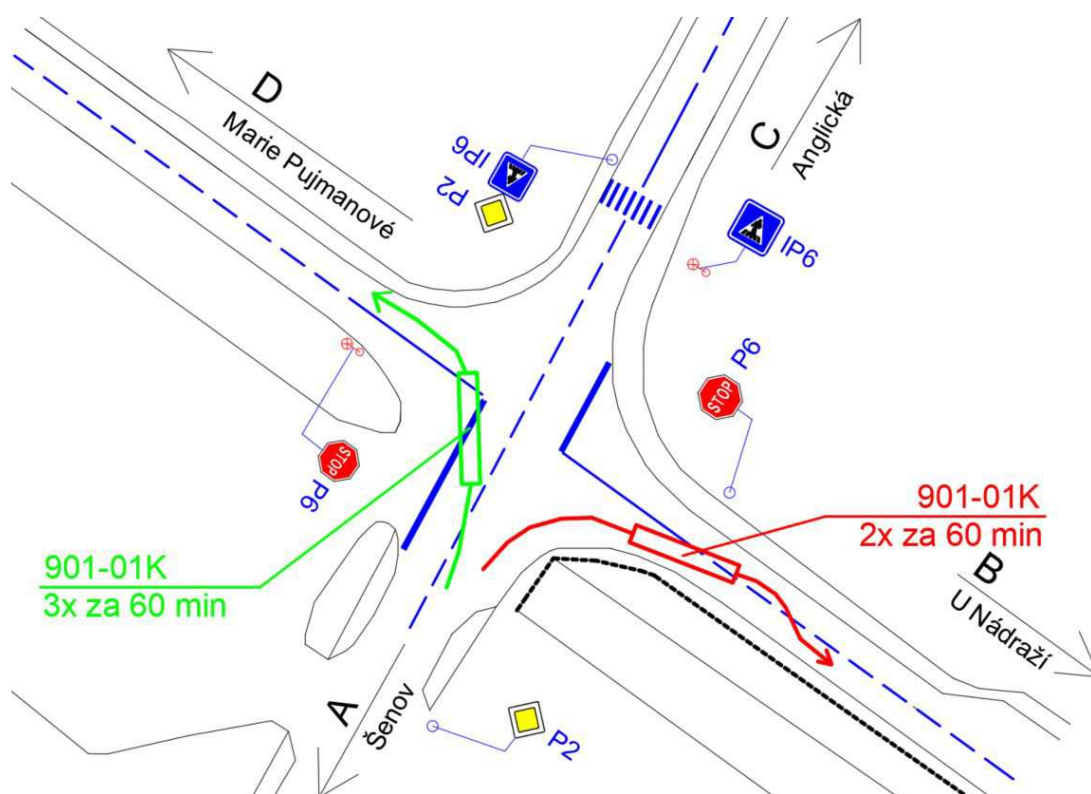
Podle okamžiku vzniku konfliktní situace [25]:

- *prvotní konfliktní situaci (1)* – konfliktní situace, které nejsou vyvolány jinou situací,
- *následné konfliktní situace (2)* – konfliktní situace, které jsou vyvolány jinou situací (zpravidla prvotní, nebo případně i jinou následující situací).

Podle důvodu vzniku konfliktní situace [25]:

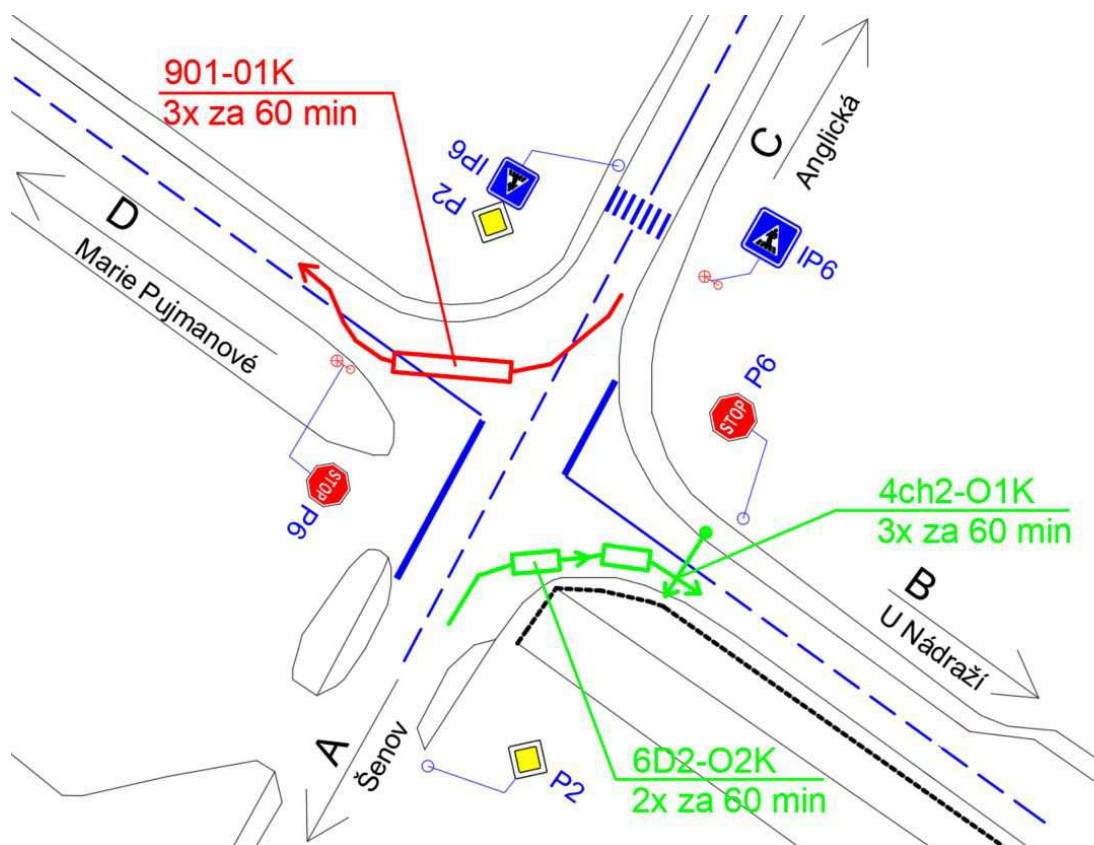
- *provozní konfliktní situace (P)* – konfliktní situace zapříčiněná pouze samotným řidičem (resp. Jiným účastníkem silničního provozu),
- *konstrukční konfliktní situace (K)* – konfliktní situace zapříčiněná nejen samotným řidičem, ale také (mnohdy především) nevhodně navrženými stavebními prvky.

Videoanalýza konfliktních situací byla provedena dle pořízeného videozáznamu pro dopravní průzkum. V tomto čtyřhodinovém časovém úseku jsem nejenom zaznamenával dopravní intenzity, ale i sledoval chování účastníků silniční dopravy. Po zjištění hodinové dopravní špičky z videozáznamu, jsem se tuto hodinu rozhodl analyzovat z hlediska konfliktních situací. Z těchto údajů jsem vyhotovil schémata konfliktních situací:



Obrázek 18 – Schéma konfliktních situací (část 1)





Obrázek 19 – Schéma konfliktních situací (část 2)

Za špičkovou hodinu se událo celkem třináct konfliktních situací se závažností 1. a 2. stupně. Nejčastější konfliktní situace (8x 901-O1K) je způsobena řidiči autobusů, kteří mají problém s otočením do prostoru vedlejšího ramene, z důsledku nevhodně navržené komunikace – příliš ostrých směrových oblouků a úzkých dopravních pruhů. Tato konfliktní situace se z celkových třinácti vyskytla osmkrát, se závažností 1. stupně ve všech případech. Se závažností 2. stupně se vyskytly poté všechny ostatní konfliktní situace, vyvolané chodci (3x 4ch2-O1K a 2x 6D2-O2K) přechodem přes rameno B. Na ramenu B v blízkosti křižovatky se nenachází žádný přechod pro chodce, nebo místo pro přecházení, proto chodci velmi často přecházejí ve velké blízkosti bodu křížení pruhů křižovatky po velmi zatížení komunikaci - Obrázek 20 – Schéma konfliktních situací (část 2). Za celou hodinu prošlo několik chodců přes toto rameno bez problému, ale ve třech případech došlo ke konfliktní situaci (4ch2-O1K), ve které musel automobil, jedoucí z ramena A do B, přibrzdit. Toto ve dvou z těchto tří případů ovlivnilo automobil jedoucí za brzdícím automobilem (6D2-O2K), který taky musel reagovat stejně. Za celou pozorovanou hodinu, ale i za celý dopravní průzkum, nedošlo ke konfliktní situaci 3. stupně, nebo dopravní nehodě.



Bezpečnost provozu na daném úseku je možné vyjádřit pomocí ukazatele, která udává počet konfliktních situací na sto vozidel – relativní konfliktnost:

$$k_r = \frac{P_{KS}}{I} \cdot 100 \quad [\text{KS}/100\text{voz}] \quad (14)$$

kde:

$k_R$       relativní konfliktnost [KS/100voz],

$P_{KS}$       počet konfliktních situací za hodinu (pouze KS s prvním znakem, který má hodnota 4 až 8) [KS.h<sup>-1</sup>],

$I$       hodinová intenzita vozidel [voz/h].

dosazení do vzorce:

$$k_r = \frac{5}{1574} \cdot 100 = 0,32 \quad [\text{KS}/100\text{voz}] \quad (14)$$

Řešenou křižovatkou na tři sta projetých vozidel, připadá zhruba jedna konfliktní situace.

## 6. Návrh řešení

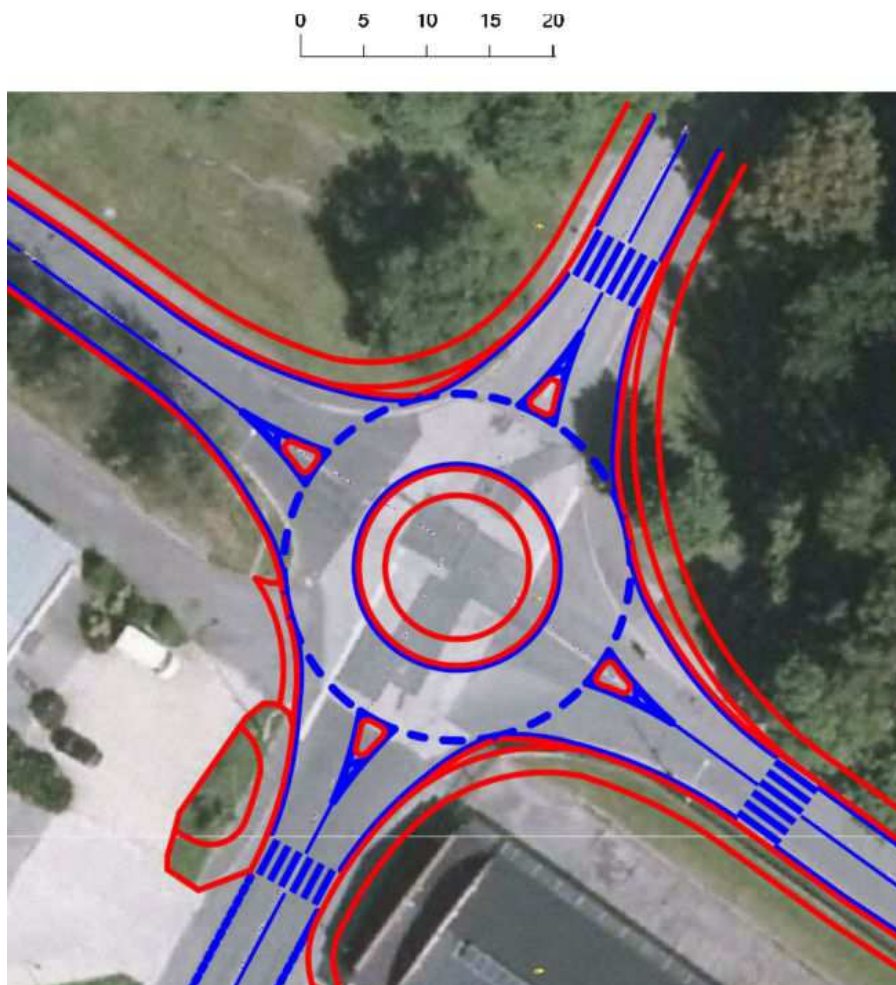
V této části se budu zabývat popisem nových návrhových variant. K typu navrhovaných křižovatek jsem vycházel z územního plánu, ve kterém je návrh okružní křižovatky. Proto jsem navrhl dvě okružní křižovatky, tyto návrhové varianty mají přinést zlepšení bezpečnosti a samozřejmě plynulejší a rychlejší dopravu, která v současném stavu je kapacitně nevyhovující. Návrhové varianty se liší svými geometrickými poměry, kapacitními výsledky, nebo také finanční stránkou věci. Hlavním cílem těchto variant je vyřešit nejvážnější problémy stávajícího stavu: kapacitně vyhovět požadavkům k výhledovému roku 2038, bezpečný průjezd nákladních souprav, nebo kloubového autobusu a zamezení konfliktních situací s chodci.

### 6.1. Popis varianty č. 1

Ve variantním návrhovém řešení č. 1 se počítá s celkovou přestavbou stávající průsečné křižovatky na jednoduchou křižovatku s jedním jízdním pruhem na okružním pásu. V tomto řešení je důležitý bod křížení paprsků ramen křižovatky, který kopíruje stávající stav a zůstává tak na stejném místě, což má za účel pomoci finančním a stavebním nárokům. Dále zde budou přistavěny chodníky a přechody pro chodce k bezpečnému přístupu k obchodům z okolních sídelních lokalit. Díky této variantě dojde k bezpečnější a rychlejší dopravě, jak chodců, tak vozidel. Návrh byl proveden podle ČSN 73 6102 [2], ČSN 73 6110 [3], TP 65 [4], TP 133 [6], TP 135 [7]. V příloze můžete najít výkresovou část skládající se z šesti výkresů k této variantě.

Hlavní geometrické parametry této okružní křižovatky jsou následující:

- |                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| • Vnější průměr                  | 28,00 m |
| • Průměr středového ostrova      | 11,40 m |
| • Šířka okružního pásu           | 8,30 m  |
| • Šířka okružního jízdního pruhu | 6,20 m  |
| • Šířka prstence                 | 2,10 m  |



*Obrázek 21 - Schéma varianty č. 1 [16] - upraveno*

Nově je navržen chodník mezi ramenem křižovatky A a B pro bezpečný průchod chodců. Středový ostrůvek je zatravněný.

Mezi výjezdem a vjezdem každé větve je navržen dělicí ostrůvek. Konstrukce každého dělicího ostrůvku je stejná - délka je 2,90 m, šířka 2,00 m. Všechny ostré konce ostrůvku jsou zaobleny na 0,5 m. Vzhledem k malým rozměrům dělicích ostrůvků jsou navrženy jako pojízdná plocha ze žulových kostek, zvýšené oproti okolní úrovni vozovky na max. + 0,03 m. Jako pojízdná plocha ze žulových kostek je taky vytvořena srpovitá krajnice mezi rameny A a B a rameny C a D. Je zvýšená oproti okolní úrovni vozovky na max. + 0,03 m.

Přechod pro chodce se nachází na větvích křižovatky A, B a C. Ve všech případech je jejich délka 6,5 m. Přechody jsou navrženy s úpravou pro osoby se sníženou orientací. Byly tedy navrženy vodící linie, jako například signální pás o šířce 0,8 m a varovný pás o šířce 0,4 m. Provedení těchto vodících linií je navrženo z červené dlažby s výraznými reliéfními výstupky, označováno také jako slepecká dlažba. Na stávajícím stavu křižovatky stojí přechod pro chodce pouze na větvi C. Přechody jsou vzdáleny od bodu křížení paprsků křižovatky na ramenech A – 29,25 m, B – 27,25 m, C – 25,00 m. Pro větve B a C platí, že šířka přechodu je 4,0 m, zatímco na větvi A je to 3,0 m z důvodu stísněných poměrů. Přechod je navržen jako bezbariérový s maximální výškou obrubníku vůči úrovni vozovky a samotnému přechodu +0,02 m.

Dopravní značení je navrženo jak svislé, tak vodorovné. Podrobný grafický popis této části lze najít ve výkresu č. 3.2 - *Situace dopravního značení*. Počítá se s provedením nového vodorovného i svislého značení. Vodorovné dopravní značení bude provedeno ve formě stříkaného plastu. Seznam použitých druhů tohoto značení je následující:

- C1 - kruhový objezd
- C4a - přikázaný směr objíždění vpravo
- C4c - přikázaný směr objíždění vpravo, nebo vlevo
- IP6 - přechod pro chodce
- P4 - dej přednost v jízdě!
- V1a - podélná čára souvislá šířky 0,125 m
- V2b - podélná čára přerušovaná v provedení 1,5/1,5/0,25 m
- V2b - podélná čára přerušovaná v provedení 3,0/1,5/0,125 m
- V4 - vodící čára o šířce 0,25 m
- V4 – vodící čára přerušovaná v provedení 0,5/0,5/0,25 m
- V7 - plocha určená pro přecházení chodců, šířka čar 0,5 m, rozestupy 0,5 m
- V13a - šikmé rovnoběžné čáry o šířce čar 0,5 m
- Z3 - vodící tabule

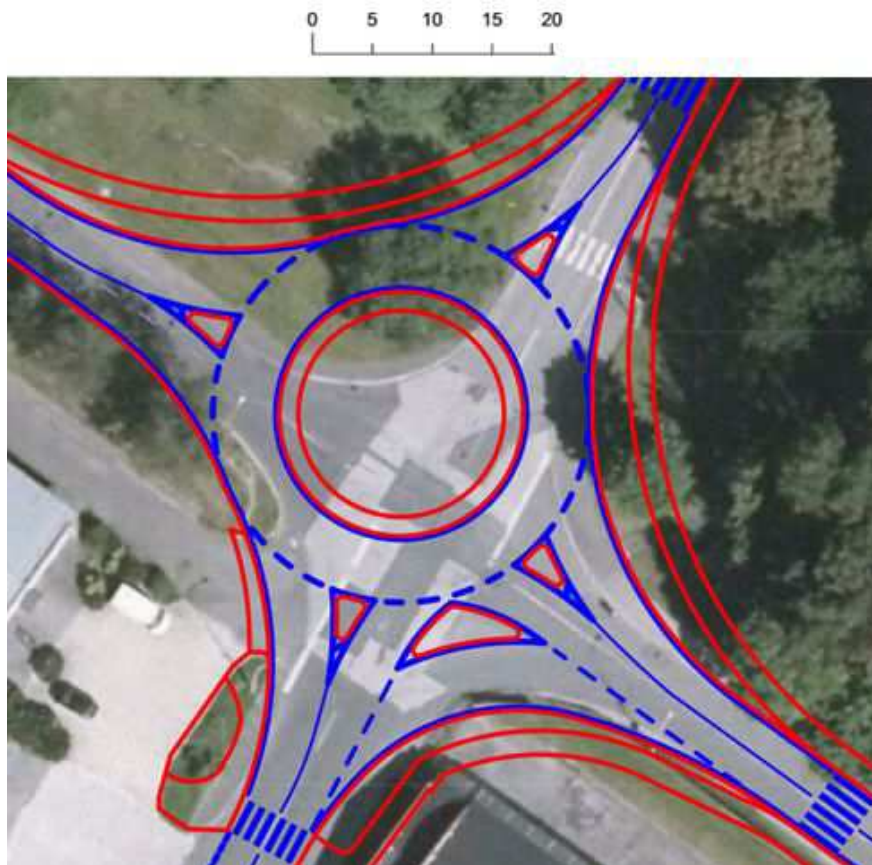
Pro posouzení této varianty byly vytvořeny výkresy č. 3.5 – *Vlečné křivky* a č. 3.6 - *Rozhledové poměry*. Rozhled byl proveden dle nejnovější TP 135 [7] a byly zde uplatněny nejnovější postupy. Pro zajištění průjezdnosti křižovatky, byl v programu AutoCAD v nadstavbě Vehicle Tracking proveden průjezd nákladní soupravy, nákladní soupravy s přívěsem a kloubovým autobusem. Průjezdnost je ve všech bodech zajištěna.

## 6.2. Popis varianty č. 2

Ve variantním návrhovém řešení č. 2 se počítá s celkovou přestavbou stávající průsečné křižovatky na jednoduchou křižovatku s jedním jízdním pruhem na okružním pásu a spojovací větví z ramena A do B. Bod křížení paprsků křižovatky je posunut oproti stávajícímu stavu mírně na severozápad. Dále zde budou přistavěny chodníky a přechody pro chodce k bezpečnému přístupu k obchodům z okolních sídelních lokalit. Díky této variantě dojde ke bezpečnější a rychlejší dopravě, jak chodců, tak vozidel. Návrh byl proveden podle ČSN 73 6102 [2], ČSN 73 6110 [3], TP 65 [4], TP 133 [6], TP 135 [7]. V příloze můžete najít výkresovou část skládající se z šesti výkresů k této variantě.

Hlavní geometrické parametry této okružní křižovatky jsou následující:

- |                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| • Vnější průměr                  | 32,00 m |
| • Průměr středového ostrova      | 17,00 m |
| • Šířka okružního pásu           | 7,40 m  |
| • Šířka okružního jízdního pruhu | 5,80 m  |
| • Šířka prstence                 | 1,60 m  |



Obrázek 22 - Schéma varianty č. 2 [16] - upraveno

Nově je navržen chodník mezi ramenem křižovatky A a B pro bezpečný průchod chodců. Středový ostrůvek je zatravněný. Je navržena spojovací větev z ramena A do ramena B.

Mezi výjezdem a vjezdem každé větve je navržen dělicí ostrůvek. Konstrukce každého dělicího ostrůvku je stejná - délka je 3,50 m, šířka 2,40 m. Všechny ostré konce ostrůvku jsou zaobleny na 0,5 m. Vzhledem k malým rozměrům dělicích ostrůvků jsou navrženy jako pojízdná plocha ze žulových kostek, zvýšené oproti okolní úrovni vozovky na max. + 0,03 m.

Rameno A a B je spojeno spojovací větví s šířkou pruhu 6,00 m. Pro lepší průjezdnost těžkými vozidly je tvořen složeným obloukem s poloměry 36/18/72 m. Na tomto místě je navržen zatravněný trojúhelníkový směrovací ostrůvek, jeho délka tvoří 8,90 m a šířka 3,20 m. Jeho okraj je tvořen kamenným obrubníkem se zvýšenou plochou min. + 0,10 m.

Přechod pro chodce se nachází na větvích křižovatky A, B a C. Ve všech případech je délka jejich délka 6,5 m. Přechody jsou navrženy s úpravou pro osoby se sníženou orientací. Byly tedy navrženy vodící linie, jako například signální pás o šířce 0,8 m a varovný pás o šířce 0,4 m. Provedení těchto vodících linií je navrženo z červené dlažby s výraznými reliéfními výstupky, označováno také jako slepecká dlažba. Na stávajícím stavu křižovatky stojí přechod pro chodce pouze na větvi C. Přechody jsou vzdáleny od bodu křížení paprsků stávající křižovatky na ramenech A – 32,50 m, B – 36,50 m, C – 42,50 m. Pro větve B a C platí, že šířka přechodu je 4,0 m, zatímco na větvi A je to 3,0 m z důvodu stísněných poměrů. Přechod je navržen jako bezbariérový s maximální výškou obrubníku vůči úrovni vozovky a samotnému přechodu +0,03 m.

Dopravní značení je navrženo jak svislé, tak vodorovné. Podrobný grafický popis této části lze najít ve výkresu č. 4.2 – *Situace dopravního značení*. Počítá se s provedením nového vodorovného i svislého značení. Vodorovné dopravní značení bude provedeno ve formě stříkaného plastu. Seznam použitých druhů tohoto značení je následující:

- C1 - kruhový objezd
- C2b – příkazaný směr jízdy vpravo
- C4a - příkazaný směr objíždění vpravo
- C4b - příkazaný směr objíždění vlevo
- C4c - příkazaný směr objíždění vpravo a vlevo
- IP6 - přechod pro chodce
- P2 – hlavní pozemní komunikace
- P4 - dej přednost v jízdě!
- V1a - podélná čára souvislá šířky 0,125 m
- V2b - podélná čára přerušovaná v provedení 1,5/1,5/0,25 m
- V2b - podélná čára přerušovaná v provedení 3,0/1,5/0,125 m
- V4 - vodící čára o šířce 0,25 m
- V4 – vodící čára přerušovaná v provedení 0,5/0,5/0,25 m
- V7 - plocha určená pro přecházení chodců, šířka čar 0,5 m, rozestupy 0,5 m
- V13a - šikmé rovnoběžné čáry o šířce čar 0,5 m
- Z3 - vodící tabule

Pro posouzení této varianty byl vytvořen výkres č. 4.6 – *Rozhledové poměry* a výkres č. 4.5 – *Vlečné křivky*. Rozhled byl proveden dle nejnovější TP 135 a byly zde uplatněny nejnovější postupy. Pro zajištění průjezdnosti křižovatky, byl v programu AutoCAD v nadstavbě Vehicle Tracking proveden průjezd nákladní soupravy, nákladní soupravy s přívěsem a kloubovým autobusem. Průjezdnost je ve všech bodech zajištěna.

### 6.3. Kapacitní posouzení kružních křižovatek

Posouzení okružních křižovatek bylo provedeno v rámci TP 234 [13]. Navržené varianty byly posouzeny na výhledové intenzity pro rok 2038, s předpokladem, že pokud vyhoví za 20 let, musí vyhovět i na stávající stav. Vzhledem k velmi nízké intenzitě přecházejících chodců jsem chodce do výpočtu nezohlednil. Odhaduji, že za špičkovou hodinu projde přes ramena křižovatky zhruba 40 chodců. Výpočty o kapacitním posouzení můžete najít v *Příloha č. 7 – Protokoly o kapacitním posouzení okružních křižovatek podle TP 234*.

Z dopravního průzkumu jsem stejně jako v předcházejícím případě zjistil špičkovou hodinu a z ní využil dopravní intenzity jednotlivých proudů. Špičková hodina se vyskytla od 14:30 do 15:30 hodin - *Příloha č. 2 – Skladba dopravních proudů pro rok 2018 a 2038*.

Geometrické parametry, důležité pro výpočet byly přidány do samotného protokolu. Jedná se především o počet jízdních pruhů na vjezdu a výjezdu větví a také počet jízdních pruhů na okružním pásu křižovatky. Dalším významným bodem jsou poloměry vjezdů a výjezdů, u několika případů jsou se tyto směrové oblouky složené, bylo tedy počítáno s poloměrem blíže k bodu křížení paprsků křižovatky. Posledním geometrickým parametrem pro kapacitní posouzení okružní křižovatky jsou vzdálenosti kolizních bodů na jednotlivých ramenech. Pokud byla navržena spojovací větev (jen v případě varianty č. 2, dopravní proud č.3), intenzita tohoto dopravního proudu se ve výpočtu počítá jako 0 [pvoz/hod].

Pro stanovení kapacit vjezdu je dán vztah:

$$C_i = 3600 \cdot \left(1 - \frac{\Delta \cdot I_k}{n_k \cdot 3600}\right)^{n_k} \cdot \frac{n_{i,koef}}{t_f} \cdot e^{-\frac{I_k}{3600} \cdot \left(t_g - \frac{t_f}{2} - \Delta\right)} \quad (15)$$

kde:

$C_i$  kapacita vjezdu [pvoz/hod],

$I_k$  intenzita dopravy na okruhu,

$n_k$  počet jízdních pruhů na okruhu [-],

$n_{i,koef}$  koeficient zohledňující počet jízdních pruhů na vjezdu [-] – 1,00 pro jednopruhové,

$t_g$  kritický časový odstup [s],



- $t_f$       následný časový odstup [s],
- $\Delta$       minimální časový odstup mezi vozidly jedoucími na okruhu za sebou [s].

Hodnota jednotlivých časových odstupů pro výpočet je následující:

- Kritický časový odstup  $t_g$  - dle vzdálenosti mezi kolizními body  $b$ 
  - $b < 11,00$  m       $t_g = 4,5$  s
  - $11,00 \text{ m} \leq b \leq 20,00$  m       $t_g = 5,6 - 0,1 \cdot b$  [s]      (16)
  - $b > 20,00$  m       $t_g = 3,6$  s,
- Následný časový odstup  $t_f$  – dle poloměru na vjezdu  $R_i$ 
  - $R_i < 8,00$  m       $t_f = 3,1$  s
  - $8,00 \leq R_i \leq 16,00$  m       $t_f = 3,6 - 0,0625 \cdot R_i$  [s]      (17)
  - $R_i > 16,00$  m       $t_f = 2,6$  s,
- Minimální časový odstup  $\Delta$  je konstantní hodnota  $\Delta = 2,1$  s.

Rezerva kapacity se počítá stejně jako u kapacitních výpočtů ostatních typů neřízených křižovatek, podle vztahu (11). Ze vztahu (12), lze vypočítat stupeň vytižení pro dané vjezdy. Nyní máme vše abychom posoudili vjezd do křižovatky. Pomocí - *Obrázek 9 - Graf pro určení délky fronty*, jsem stanovil délku fronty na vjezdech. Pomocí - *Obrázek 10 - Graf vztahu střední doby zdržení na rezervě kapacity*, jsem stanovil hodnotu  $t_w$  – střední dobu zdržení a úroveň kvality dopravy nových variantních řešení.

Pro posouzení výjezdů křižovatky je potřeba spočítat kapacitu výjezdů z okružní křižovatky, vztahem:

$$C_e = \frac{3600 \cdot n_{e,koef}}{t_f} \quad [\text{pvoz/hod}] \quad (18)$$

kde:

- $n_{e,koef}$       koeficient zohledňující počet jízdních pruhů na výjezdu (1,00 pro jednopruhé),
- $t_f$       následný časový odstup vozidel na výjezdu z okružní křižovatky [s].

Následný časový odstup  $t_f$  je dán dle poloměru na výjezdu  $R_e$ :

$$\begin{array}{ll} \circ R_e < 15,00 \text{ m} & t_f = 3,0 \text{ s} \\ \circ 15,00 \leq R_e \leq 30,00 \text{ m} & t_f = 3,6 - 0,04 \cdot R_e \text{ [s]} \\ \circ R_e > 30,00 \text{ m} & t_f = 2,4 \text{ s} \end{array} \quad (19)$$

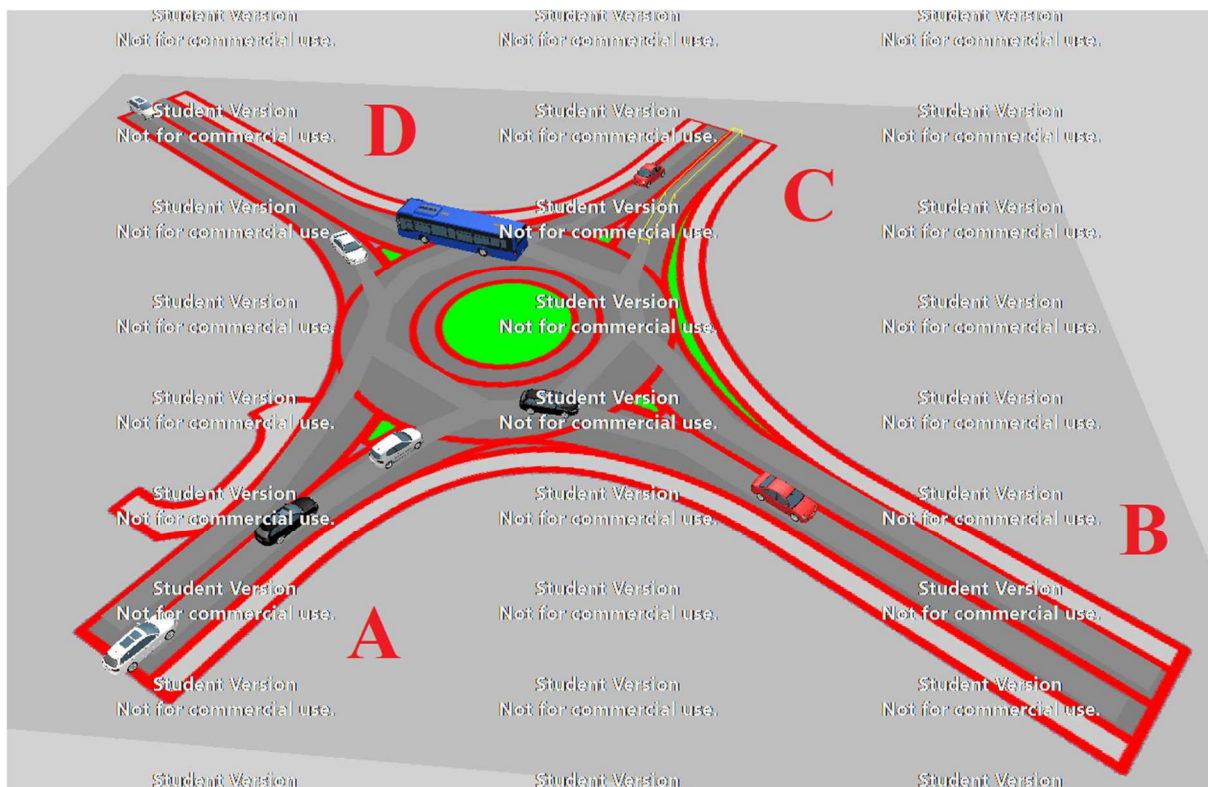
Pro posudek výjezdů okružní křižovatky potřebujeme vypočítat stupeň vytížení  $a_v$ , který je možné vypočítat stejně u všech případů v této práci podle vztahu (12). Pokud hodnota  $a_v \leq 0,9$  výjezd kapacitně vyhoví.

Na základě - *Příloha č. 7 – Protokoly o kapacitním posouzení okružních křižovatek podle TP 234* [13] zjistíme, že obě návrhové varianty vyhoví ve všech bodech. Zatímco návrhová varianta č.1 vychází s úrovní kvality dopravy stupně D, tak návrhová varianta č. 2 díky spojovací větvi vychází s úrovní kvality dopravy stupně A. Posouzení bylo provedeno pro výhledový rok 2038.

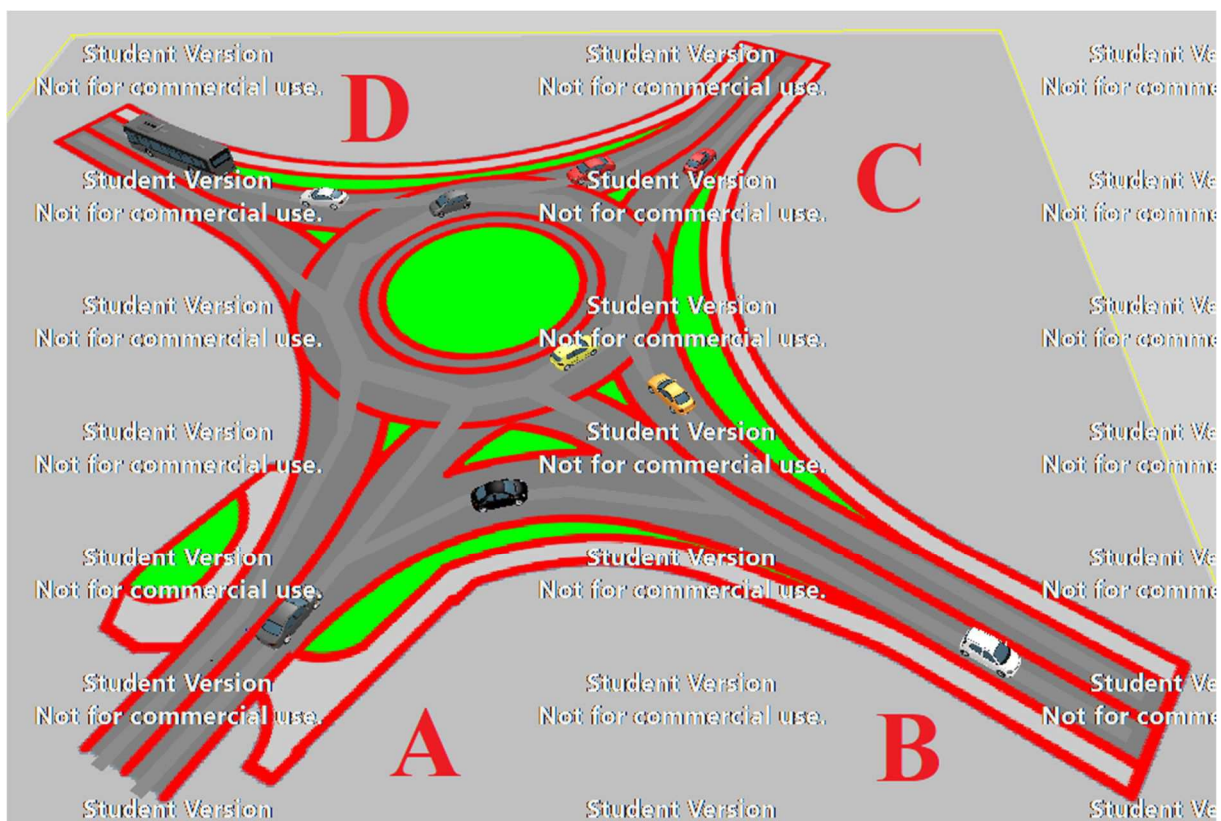
## 6.4. Simulační modely

K vytvoření simulačních modelů obou navržených variant byl použit program PTV VISSIM 10 se studentskou licencí. Jako podklad ke zpracování simulačního modelu jsem použil výhledové intezity pro rok 2038 z - *Příloha č. 2 – Skladba dopravních proudů pro rok 2018 a 2038*.

V simulačním modelování nebyly zjištěné žádné problémy s kongescí. Ukázka pořízených obrázků ze simulačních modelů pro obě varianty:



Obrázek 23 - Simulační model pro variantu č. 1 - PTV VISSIM



Obrázek 24 - Simulační model pro variantu č. 2 - PTV VISSIM

## 7. Vyhodnocení variant

Pro zvolení nejlepší varianty bylo provedeno jednoduché multikriteriální hodnocení, které stanoví nejlepší možnou variantu. Každé hodnotící kritérium dostalo přidělenou váhu podle důležitosti v rozsahu 1 – 3. Zároveň tyto kritéria budou bodově ohodnoceny. V obou případech platí, že větší číslo má větší důležitost. Podle následujících tabulek byla zvolena varianta č. 2:

*Tabulka 13 - Multikriteriální hodnocení varianty č. 1*

Hodnotící kritérium	Váha	Varianta č. 1	Hodnocení
ÚKD	3	4	12
Rozhledové poměry	2	6	12
Průjezdnost těžkými vozidly	2	7	14
Finanční náročnost	2	10	20
Stavební úpravy	2	10	20
<b>Součet</b>			<b>76</b>

*Tabulka 14 - Multikriteriální hodnocení varianty č. 2*

Hodnotící kritérium	Váha	Varianta č. 2	Hodnocení
ÚKD	3	9	27
Rozhledové poměry	2	10	20
Průjezdnost těžkými vozidly	2	8	16
Finanční náročnost	2	7	14
Stavební úpravy	2	6	12
<b>Součet</b>			<b>89</b>

### Úroveň kvality dopravy:

dle tohoto parametru si lze představit plynulost a rychlost celkové dopravy na křižovatce. Ve variantě č. 1 vychází ÚKD stupeň D, zatímco ve v. č. 2 stupeň A.

### Rozhledové poměry:

pro rozhledové poměry byly zpracovány výkresy č. 3.6 a č. 4.6 – *Rozhledové poměry*. Podle těchto výkresů lze jasně říci, že tyto poměry jsou ve variantě č. 2 jsou mnohem lepší, oproti v. č. 1.

### Průjezdnost těžkými vozidly:

pro průjezdnost byly zpracovány výkresy č. 3.5 a 4.5 – *Vlečné křivky*. Průjezdností se liší minimálně.

### Finanční a stavební náročnost:

vzhledem k tomu, že varianta č. 1 byla navržena s nejmenším možným stále vyhovujícím vnějším průměrem, byla obodována v obou případech max. počtem bodů.

## **8. Rozpracování vítězné varianty**

### **8.1. Identifikační údaje**

<i>Stavba:</i>	Okružní křižovatka ulic Anglická, U nádraží a Marie Pujmanové v Havířově. Varianta č. 2.
<i>Zadavatel:</i>	VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra dopravního stavitelství
<i>Zhotovitel:</i>	Karel Ježík

### **8.2. Zdůvodnění studie**

Důvodu k vypracování této studie je několik. Častá tvorba kongescí na vedlejších ramenech křižovatky. Obzvláště vznikající v odpoledních hodinách, což taky dokazuje jak pořízený videozáznam, tak i kapacitní posouzení současného stávajícího stavu. Těžké vozidla jako nákladní soupravy mají problém s průjezdností této křižovatky. Nejsou zde vybudovány přechody pro chodce, nebo místa pro přecházení k blízkým obchodům. Z tohoto důvodu jsou časté konfliktní situace s chodci, kteří ve špičkové hodině nemají možnost bezpečně přejít ramena křižovatek.

### **8.3. Stanovení zájmové oblasti**

Nově řešená křižovatka se nachází v intravilánu, na okraji města. Přilehlé okolí jižním směrem je zastavěno. Severním směrem od bodu křížení paprsků křižovatky se zastavěné území nachází až zhruba od 60 m. Začátek stavby od bodu křížení paprsků stávajícího stavu křižovatky je vzdálený na ramenech: A - 40 m, B – 55 m, C – 50 m, D – 55 m. Po ukončení stavby je nově navržená vozovka a chodník napojena na stávající stav.

### **8.4. Výchozí údaje pro návrh variant**

Komunikace jsou dvoupruhové, směrově nerozdělené. Všechny komunikace, které se napojují na stávající průsečnou křižovatku jsou místní obslužné s návrhovou rychlostí 50 km/h. V blízkosti se nachází manipulační kolej, která svou nízkou intenzitou nenaruší provoz křižovatky.

## 8.5. Charakteristika území

Křižovatka ulic Anglická, U Nádraží a Marie Pujmanové leží ve městě Havířov v městské části Šumbarku. Havířov je statutární město v Moravskoslezském kraji, ležící v ostravské aglomeraci 11 km jihovýchodně od Ostravy. Havířov je nejmladším městem v České Republice, byl vystavěn po druhé světové válce v souvislosti s rozmachem těžby černého uhlí a poptávce po ubytování příjíždějících přistěhovalců hledající práci. Jeden ze základních parametrů při budování města, bylo umístění, při kterém nebude docházet k deformacím zemního masivu v důsledku poddolování. V oblasti tedy nedochází k poklesům terénu a přibližná nadmořská výška se pohybuje kolem 270 m. Žije zde přibližně 75 tisíc obyvatel, z toho v městské části Šumbark zhruba 20 tisíc obyvatel [14].

## 8.6. Základní údaje navržené varianty

Přestavba počítá s provedením okružní křižovatky o jednom jízdním pruhu na okružním pásu. Vnější průměr okružní křižovatky je navržen na 32,00 m. Šířka jízdních pruhu na 5,80 m. Šířka prstence na 1,60 m. Šířky vjezdů jsou na ramenech: A – 5,00 m, B – 5,80 m, C – 5,50 m, D – 5,50 m. Šířky výjezdů jsou na ramenech: A – 5,80 m, B – 5,00 m, C – 5,80 m, D – 5,80 m. Dělicí ostrůvky jsou kvůli malým rozměrům navržené jako pojízdná plocha ze žulových kostek. Rameno A a B je spojeno spojovací větví s šířkou pruhu 6,00 m. Návrhy skladby vrstev odpovídají TP 170 [9]. Skladba jízdního pásu je tvořena z vozovky – D1-N-2-III-PIII a prstence – D1-T-4-IV-PIII. Konstrukce chodníku je D2-D-1-CH-PIII.

## 8.7. Kapacitní posouzení

Kapacitní posouzení bylo provedeno podle dopravního průzkumu pro stávající stav ve špičkové hodině od 14:30 do 15:30. Intenzita chodců byla z důvodu nízké intenzity zanedbána. Křižovatka kapacitně vyhovuje pro rok 2038 – *Příloha č. 7 – Protokoly o kapacitním posouzení okružních křižovatek podle TP 234* [13].

## 8.8. Rozhledové poměry

Rozhledové poměry jsou ověřené dle nejnovější TP 135 [7]. Tato varianta bezpečně splňuje všechny požadavky pro jednopruhové okružní křižovatky. Rozhledové plochy téměř nezasahují mimo území okružní křižovatky. Podrobný grafický popis se nachází ve výkrese č. 4.6 *Rozhledové poměry*.

## 8.9. Průjezdnost

Průjezdnost byla provedena pomocí vlečných křivek v programu AutoCAD v nadstavbě Vehicle Tracking. Křižovatka byla posouzena ve všech možných směrech na nákladní soupravu – 16,5 m a nákladní vozidlo s přívěsem – 18,7 m. Průjezdnost byla splněna. Výkres vlečných křivek lze najít ve výkrese č. 4.5 *Vlečné křivky*.

## 8.10. Odhad nákladů

Ceny měrných jednotek byly vzaty ze stránek ústavu územního rozvoje. Součet je zaokrouhlen na statisíce. Výpočet je pouze orientační.

*Tabulka 15 – Odhad nákladů*

Položka	Cena MJ	MJ	Počet	Cena
Odstranění stávající vozovky s chodníky	931	kč/m <sup>2</sup>	1856,58	1 728 476 Kč
Nová vozovka s chodníkem	1653	kč/m <sup>2</sup>	2685,23	4 438 685 Kč
Konstrukce prstence	1025	kč/m <sup>2</sup>	325,54	333 679 Kč
Ohumusování a osetí ploch	43	kč/m <sup>2</sup>	786,25	33 809 Kč
Vodorovné dopravní značení	353	kč/m <sup>2</sup>	249,98	88 243 Kč
Svislé dopravní značení	1500	kč/ks	23	34 500 Kč
<b>SOUČET</b>				<b>6 700 000 Kč</b>



## 9. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo posouzení stávajícího stavu a vypracování dvou nových řešení této křižovatky.

Pro posouzení stávajícího stavu byl proveden čtyřhodinový dopravní průzkum. Dle tohoto dopravního průzkumu byly vypracovány protokoly: stanovení ročního průměru denních intenzit, výhledové intenzity dopravy pro rok 2038 a kapacitní posouzení neřízené průsečné křižovatky pro stávající stav. Byla provedena analýza dopravní nehodovosti. Dále dle tohoto dopravního průzkumu byla určena špičková hodina a podle ní byla provedena analýza konfliktních situací. Stávající křižovatka kapacitně nevyhovuje. Podle analýzy dopravní nehodovosti se jedná o křižovátku bezpečnou, naprostá většina dopravních nehod tvoří neuposlechnutí dopravního příkazu „Stůj, dej přednost v jízdě!“. Nejzávažnější konfliktní situace nastává při přechodu chodců přes rameno B, kde nejsou zajištěny dostatečné rozhledové poměry, ani místo pro přecházení, nebo přechod pro chodce.

Byly vypracovány dvě variantní řešení – okružní křižovatky s jedním jízdním pruhem na okružním pásu. Při zhotovení těchto řešení byly dodrženy jak rozhledové poměry, tak průjezdnost těžkých vozidel. Nové varianty taky vyhovují kapacitním posouzením pro výhledový rok 2038. Podle multikriteriálního hodnocení vyhrála varianta číslo 2. Tato varianta, která se oproti 1. variantě liší hlavně spojovací větví z ramene A do ramena B, výrazně usnadňuje zvládnutí dopravních intenzit připadající na křižovátku. Pro obě varianty byla vypracována jak textová, tak i výkresová část, která řeší hlavní technické požadavky. Tímto se tato bakalářská práce stává hodnotným podkladem pro další stupně projektové dokumentace.

## **Poděkování**

Tímto děkuji Ing. Ivanu Fenclovi, Ph.D. za věnovaný čas a vstřícnost při zpracování této bakalářské práce. Poděkování také patří všem spolužákům za cenné rady a podporu.

## 10. Seznam použitých zdrojů

### 10.1. České technické normy

- [1] ČSN 73 6101 *Projektování silnic a dálnic 2004 + změna Z1 + změna Z2*; Praha: ČNI, 2004
- [2] ČSN 73 6102 *Projektování křižovatek na pozemních komunikacích*; Praha: ČNI, 2012
- [3] ČSN 73 6110 *Projektování místních komunikací + změna Z1*; Praha: ČNI, 2006

### 10.2. Technické podmínky

- [4] TP 65 *Zásady pro dopravní značení na pozemních komunikacích*, MD ČR, 2013
- [5] TP 70 *Zásady pro provádění a zkoušení vodorovného dopravního značení na PK*, 2013
- [6] TP 133 *Zásady pro vodorovné dopravní značení na PK*, MD ČR, 2013
- [7] TP 135 *Projektování okružních křižovatek na silnicích a místních komunikacích*, MD ČR, 2017
- [8] TP 169 *Zásady pro označování dopravních situací na pozemních komunikacích*, MD ČR, 2005
- [9] TP 170 *Navrhování vozovek pozemních komunikací + dodatek č. 1 + dotisk*, MD ČR, 2010
- [10] TP 188 *Posuzování kapacity neřízených úrovnňových křižovatek*, MD ČR, 2008
- [11] TP 189 *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích (II. vydání)*, MD ČR, 2012
- [12] TP 225 *Prognóza intenzit automobilové dopravy (II. vydání)*, MD ČR, 2012
- [13] TP 234 *Posuzování kapacity okružních křižovatek*, MD ČR, 2011

### 10.3. Internetové zdroje

- [14] Oficiální stránky města Havířov. *Historie Města Havířov*. [online]. © 2018 [cit. 16.03.2018]. Dostupné z: <https://www.havirov-city.cz/historie-a-soucasnost/historie-havirova.html>
- [15] Havířovský zpravodaj. *Historie Havířova*. [online]. © 2018 [cit. 16.03.2018]. Dostupné z: <http://havirov-historie.cz/>

- [16] Google. *Mapová data* [online]. © 2018 Dostupné z: <https://www.google.cz/maps/>
- [17] Mapy.cz. *Mapová data* [online]. © 2018 Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [18] Mapové aplikace. *Geoportal ČÚZK*. [online]. © 2018 Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz>
- [19] ČSAD Havířov a.s. *Jízdní řády*. [online]. © CIDEM Holding, [cit. 20.03.2018]. Dostupné z: <http://www.3csad.cz/primestska-hd/havirov/jizdni-rady/>
- [20] Správa silnic Moravskoslezského kraje, příspěvková organizace. *Silniční síť* [online]. Dostupné z: <http://www.ssmsk.cz/index.php/silnicni-sit>
- [21] Policie ČR. *Statistické vyhodnocení nehod v mapě* [online]. © 2017 Policie ČR, [cit. 20.03.2018]. Dostupné z: <http://maps.jdvm.cz/cdv2/apps/nehodyvmapce/Search.aspx>
- [22] Ústav územního rozvoje. *Cenové podklady* [online]. [cit. 10.4.2018]. Dostupné z: <http://www.uur.cz>

#### 10.4. Ostatní

- [24] KŘIVDA, Vladislav. *Využití videoanalýzy konfliktních situací při hodnocení nevhodně navržených stavebních prvků na křižovatkách*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, 2012. 158 s.
- [25] KŘIVDA, Vladislav. *Konfliktní situace v silniční dopravě*. Studijní materiály pro obor Dopravní inženýrství a Dopravní stavby Fakulty stavební. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, Univerzita Pardubice, 2014. 25 s.

#### 10.5. Použitý software

- AutoCAD
- Vehicle Tracking
- AutoTurn
- PTV VISSIM
- Microsoft Office
- Microsoft Excel

## 11. Seznam obrázků a tabulek

### 11.1. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Lokalizace křižovatky [17] - upraveno .....	2
Obrázek 2 - Bližší vztahy [17] - upraveno .....	3
Obrázek 3 - Ramena A .....	4
Obrázek 4 - Ramena C (ul. Anglická).....	4
Obrázek 5 - Ramena B (ul. U Nádraží).....	5
Obrázek 6 - Rameno D (ul. Marie Pujmanové) .....	5
Obrázek 7 – Schéma dopravních proudů [16] - uprae .....	7
Obrázek 8 - Pentlogram špičkové hodiny .....	10
Obrázek 9 - Graf pro určení délky fronty.....	20
Obrázek 10 - Graf vztahu střední doby zdržení na rezervě kapacity .....	21
Obrázek 11 - Snímek dopravní nehodovosti (2009 - 2018) [21] .....	23
Obrázek 12 – Statistika nehod podle hlavních příčin nehody [21] .....	24
Obrázek 13 - Statistika nehod dle druhu dopravní nehody [21] .....	24
Obrázek 14 - Statistika nehod podle viditelnosti [21].....	24
Obrázek 15 – Inovovaný klasifikační symbol pro označení konfliktní situace [25].....	26
Obrázek 16 – Schéma konfliktních situací (část 1).....	29
Obrázek 17 – Schéma konfliktních situací (část 2).....	30
Obrázek 18 - Schéma varianty č. 1 [16] - upraveno.....	33
Obrázek 19 - Schéma varianty č. 2 [16] - upraveno.....	35
Obrázek 20 - Simulační model pro variantu č. 1 - PTV VISSIM .....	41
Obrázek 21 - Simulační model pro variantu č. 2 - PTV VISSIM .....	41

## 11.2. Seznam tabulek

Tabulka 1 - Ranní intenzity .....	8
Tabulka 2 - Odpolední intenzity.....	8
Tabulka 3 - Skladba dopravních proudů ve špičkově hodině - voz/h .....	9
Tabulka 4 - Skladba dopravních proudů ve špičkově hodině - pvoz/h .....	9
Tabulka 5 - Doporučené přepočtové koeficienty [10] .....	14
Tabulka 6 - Stupně podrázenosti pro průsečnou křižovatku [10] .....	15
Tabulka 7 - Součet intenzit nadřazených proudů [10] .....	15
Tabulka 8 - Hodnoty časových odstupů [10] .....	16
Tabulka 9 - Hodnoty následných odstupů [10] .....	16
Tabulka 10 - Účastníci konfliktní situace [25].....	27
Tabulka 11 - Způsob vzniku konfliktní situace [25] .....	27
Tabulka 12 - Závažnost konfliktní situace [25] .....	27
Tabulka 13 - Multikriteriální hodnocení varianty č. 1 .....	42
Tabulka 14 - Multikriteriální hodnocení varianty č. 2 .....	42
Tabulka 15 – Odhad nákladů .....	45

## 12. Seznam příloh

### I. Přílohy k textové části

Příloha č. 1 – Sčítací arch dopravního průzkumu

Příloha č. 2 – Skladba dopravních proudů pro rok 2018 a 2038

Příloha č. 3 – Protokol o výpočtu odhadu denních intenzit dopravy podle TP 189

Příloha č. 4 – Protokol o výpočtu výhledové intenzity podle TP 225

Příloha č. 5 – Protokol o kapacitním posouzení průsečné křižovatky podle TP 188

Příloha č. 6 – Statistické vyhodnocení nehodovosti v silničním provozu

Příloha č. 7 – Protokoly o kapacitním posouzení okružních křižovatek podle TP 234

Příloha č. 8 – Fotodokumentace

### II. Výkresová dokumentace

1.	Situace širších vztahů	
2.	Situace stávajícího stavu	
3.1	Situace stavebních úprav	VARIANTA 1
3.2	Situace dopravního značení	VARIANTA 1
3.3	Příčný řez A – A'	VARIANTA 1
3.4	Příčný řez B – B'	VARIANTA 1
3.5	Vlečné křivky	VARIANTA 1
3.6	Rozhledové poměry	VARIANTA 1
4.1	Situace stavebních úprav	VARIANTA 2
4.2	Situace dopravního značení	VARIANTA 2
4.3	Příčný řez Y – Y'	VARIANTA 2
4.4	Příčný řez Z – Z'	VARIANTA 2
4.5	Vlečné křivky	VARIANTA 2
4.6	Rozhledové poměry	VARIANTA 2